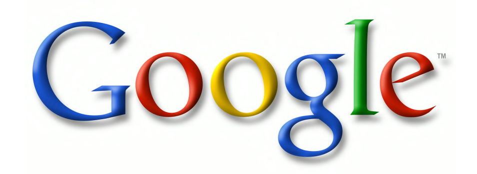






Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. F. RUDIO,

Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

Zweiundvierzigster Jahrgang. 1897.

Mit drei Tafeln.

Zürich,

in Kommisson bei **Fäsi & Beer** in **Zürich,**

sowie (für Deutschland und Oesterreich) bei **J. F. Lehmann**

Medizinische Buchhandlung in **München.**

1897.



Gründungsjahr der Gesellschaft

1746.

Inhalt.

Widmung.

Herrn Prof. Dr. **Albert v. Koelliker** zur achtzigsten Wiederkehr seines Geburtstages, den 6. Juli 1897. Mit dem Bildnisse Koelliker's.





A. Koelliker.

Herrn

Prof. Dr. Albert von Koelliker

zur achtzigsten Wiederkehr

seines Geburtstages,

den 6. Juli 1897.

Excellenz,

Hochverehrter Herr Geheimrat!

Vor 56 Jahren sind Sie als junger Gelehrter in die Reihe der Mitglieder der naturforschenden Gesellschaft in Zürich eingetreten. Ihre rege Teilnahme an unserem wissenschaftlichen Leben erwarb Ihnen schon nach kurzer Zeit ein solches Vertrauen, daß Sie im Jahre 1843 zum Sekretär der Gesellschaft gewählt wurden. Aber auch nach Ihrem schon im Jahre 1847 erfolgten Wegzuge haben Sie in der Ferne sich als treuester Freund und eifriger Förderer unserer Interessen gezeigt und sind es geblieben bis zum heutigen Tage.

Mit hoher Genugthuung verfolgte die Gesellschaft Ihre glänzende Laufbahn, voll Stolz war sie Zeuge des über die ganze zivilisierte Welt sich ausbreitenden Ruhmes ihres Mitgliedes, und dieser Stolz fand seinen Ausdruck in Ihrer Wahl zum Ehren-Mitgliede der naturforschenden Gesellschaft.

Heute, da Sie auf 80 Jahre zurückblicken, auf eine lange, lange Zeit segensreichen Schaffens, an diesem Tage tritt auch unsere Gesellschaft in die Reihe der Glückwünschenden und widmet Ihnen den mit Ihrem Bilde geschmückten 42. Band ihrer Vierteljahrsschrift.

**Die naturforschende Gesellschaft
in Zürich.**

Der Einfluss der Schienenstösse auf die gaukelnden Bewegungen der Lokomotiven.

Von

A. Fliegner.

Mit der Benennung der „gaukelnden Bewegungen“ bezeichnet man die regelmässigen Schwingungen, welche der in den Federn hängende Oberbau der Lokomotiven während der Fahrt ausführt. Diese Bewegungen haben verschiedene Veranlassungen, nämlich: 1) die Zugkraft und den Zugwiderstand, die am Oberbau in verschiedenen Höhen angreifen, 2) die Normalpressungen zwischen den Kreuzköpfen und den Führungslinealen, 3) bei geneigter Lage der Cylinderachsen die vertikalen Komponenten des Dampfdruckes gegen die Deckel und Böden der Cylinder und endlich 4) die Einwirkungen von Unstetigkeiten und der Elasticität der Schienen. Ausserdem werden die gaukelnden Bewegungen noch wesentlich durch die zwischen den Achsen und dem Oberbau eingeschalteten Federn beeinflusst.

Da die Federn so angeordnet sind, dass durch sie nur Kräfte in vertikaler Richtung auf den Oberbau übertragen werden können, so können an ihm auch nur Bewegungen in dieser Richtung auftreten. Es sind daher nur drei Arten von gaukelnden Bewegungen möglich: 1) vertikale Schwingungen des Schwerpunktes, das Wogen, 2) Oscillationen um eine horizontale Querachse durch den Schwerpunkt, das Galoppieren, Nicken oder Stampfen und 3) Oscillationen um eine horizontale Längenachse, das Wanken oder Schwanken.

Die gaukelnden Bewegungen sind zuerst von Redtenbacher genauer untersucht worden; er hat aber seine sonst richtigen Gleichungen falsch verwertet. Auf diesen Fehler ist schon durch

E. Zech [1]) bei Gelegenheit einer Besprechung von Redtenbacher's „Gesetzen des Lokomotivbaues“ aufmerksam gemacht worden. Zech giebt dabei in einer Anmerkung eine richtige Gleichung für die Bewegung des Wankens, aber mit einer unendlichen Reihe. Die gleiche Bewegung hat dann Zeuner [2]) ausführlich und in anderer Form, mit endlichen Ausdrücken, untersucht. Schliesslich sind noch sämtliche gaukelnde Bewegungen von Einbeck [3]) behandelt worden; die Gleichungen für das Wogen und Galoppieren erscheinen bei ihm aber nicht in der allgemeinsten möglichen Gestalt.

In fast allen diesen Untersuchungen wird der Einfluss des Geleises auf die gaukelnden Bewegungen unberücksichtigt gelassen. Nur Redtenbacher führt ihn „durch periodisch wiederkehrende Funktionen der Zeit“ ein, und zwar in zwei Ausdrücken von der Form:

$$A\,(\sin \lambda t + \cos \lambda t) \text{ und } B\,(\sin \mu t + \cos \mu t),$$

den einen für die senkrechten Stösse an den Schienenverbindungen, den anderen für die seitlichen Verschiebungen durch Unebenheiten der Bahn. Ganz abgesehen von der analytischen Gestalt der beiden Ausdrücke ist gegen diese Auffassung doch das Bedenken zu erheben, dass durch seitliche Verschiebungen der Räder auf den Schienen keine senkrechten Bewegungen des Oberbaues hervorgerufen werden können. Diese seitlichen Verschiebungen beeinflussen vielmehr die schlingernde Bewegung der ganzen Lokomotive. Ausserdem führt Redtenbacher diese Glieder nur bei der Untersuchung des Wankens ein, und gerade dort fällt, wie ich noch später nachweisen werde, der allein übrig bleibende Einfluss der Schienenstösse ganz fort, wenigstens bei den jetzt gebräuchlichen Anordnungen des Geleises.

Zeuner sagt umgekehrt: „Der Einfluss dieser regelmässig wiederkehrenden, kurzen Stösse auf die Schwingungen des in den Federn hängenden Baues entzieht sich bis jetzt vollständig der analytischen Behandlung“. Das ist auch richtig, wenn es sich um

---

[1]) Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereines 1857, S. 97—106.

[2]) Programm des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich für das Jahr 1861/62.

[3]) Theoretische Untersuchung der Konstruktionssysteme des Unterbaues von Lokomotiven. Leipzig, Leopold Voss, 1875.

eine genaue, namentlich zahlenmässige Berechnung dieses Einflusses handeln sollte. Begnügt man sich dagegen mit einer allgemeineren Beantwortung der Frage, so lässt sich der Einfluss des Geleises auf die gaukelnden Bewegungen doch bis zu einem gewissen Grade auf dem Wege der Rechnung verfolgen.

Da aber eine genaue Entwickelung ausgeschlossen ist, so sollen der folgenden Untersuchung von vornherein einige vereinfachende Annahmen zu Grunde gelegt werden, damit die Formeln nicht gar zu schwülstig ausfallen. Die eine dieser Vereinfachungen ist die, dass eine Lokomotive mit nur zwei Achsen vorausgesetzt werden soll, die an der vorderen Achse zwei Längsfedern, an der hinteren dagegen eine Querfeder besitzt. Der Oberbau ist dadurch in nur drei Punkten unterstützt, eine Anordnung, wie sie sich z. B. bei einer Anzahl von Lokomotiven der Schweizerischen Nordostbahn ausgeführt findet. Diese Annahme verkleinert nur die Anzahl der Glieder der Formeln, hat aber keine wesentlichen Aenderungen zur Folge. Ferner sollen die Cylinderachsen genau horizontal vorausgesetzt werden, so dass der Dampfdruck gegen die Böden und Deckel der Cylinder keine vertikale Komponente besitzt. Andere, weitergehende Annäherungen werden zweckmässiger erst im Verlaufe der folgenden Entwickelungen eingeführt.

Da ich nicht voraussetzen kann, dass die Litteratur über die gaukelnden Bewegungen überall zur Hand ist, und da ich ausserdem andere Bezeichnungen und eine von den Vorgängern abweichende Darstellungsweise benutze, so bin ich genötigt, die ganze Formelentwickelung von Anfang an durchzuführen. Ich fasse mich dabei aber möglichst kurz.

Zunächst muss ich die verschiedenen Kräfte einzeln besprechen, die bei den gaukelnden Bewegungen mitwirken.

§ 1. Zugkraft und Zugwiderstand.

Die Zugkraft der Lokomotiven kommt zu stande durch das Zusammenwirken des Dampfes in den Cylindern und der Reibung zwischen den Triebrädern und den Schienen.

Um zunächst die Einwirkung des Dampfes in die Formeln einführen zu können, muss man sich die angenäherte Annahme gestatten, dass sich der veränderliche Ueberdruck des Dampfes auf

den Kolben mit dem Beharrungsvermögen der hin- und hergehenden Massen zu einer während des ganzen Kolbenhubes konstanten Kraft P vereinigt. Gleichzeitig muss man voraussetzen, dass diese Kraft P stets auf beiden Seiten nicht nur jedes Cylinders, sondern auch der Lokomotive gleich gross sei.

Die Kraft P pflanzt sich durch die Kolbenstange bis an den Kreuzkopfzapfen fort und zerlegt sich dort in zwei Komponenten, die eine:

$$N' = P \operatorname{tang} \alpha \tag{1}$$

senkrecht zu den Führungslinealen und die andere:

$$K = \frac{P}{\cos \alpha} \tag{2}$$

in der Richtung der Kurbelstange, wo α den Winkel bezeichnet, den die Richtung der Kurbelstange mit der Achsrichtung des Cylinders einschliesst. N' wirkt bei Erzeugung der Zugkraft nicht mit, sondern nur K, das sich durch die Kurbelstange bis an die Kurbelwarze fortpflanzt. Transportiert man K von dort unter Anbringung einer Gegenkraft an die Achse des Triebrades, so zerlegt sich die transportierte Kraft in N' senkrecht abwärts, die von der Schiene aufgenommen wird, und in P horizontal, die mit dem Dampfdrucke auf den Boden oder Deckel des Cylinders den Rahmen der Lokomotive auf Druck oder Zug beansprucht.

Als Einwirkung der Dampfkraft auf Bewegung der Lokomotive bleibt also nur das Kräftepaar der K übrig. Sein Moment wird, wenn r die Länge des Kurbelradius bezeichnet und wenn man den Drehwinkel φ der Kurbel nach jedem toten Punkte frisch von Null an zu zählen beginnt:

$$P r \frac{\sin(\varphi \mp \alpha)}{\cos \alpha}.$$

Dabei gilt das obere Vorzeichen für den oberen, das untere für den unteren Halbkreis der Kurbel. Betrachtet man die Lokomotive von ihrer rechten Seite und setzt Fahrt nach vorwärts voraus, so wirkt dieses Kräftepaar während der ganzen Umdrehung im Sinne des Uhrzeigers.

Der durch das Kräftepaar der Dampfkraft erstrebten Drehung des Rades wirkt der Reibungswiderstand zwischen Radumfang und

Schiene entgegen, indem er am tiefsten Punkte des Rades eine horizontale, nach vorwärts zu gerichtete Kraft Z' hervorruft. Wenn man diese auch nach der Achse transportiert, so entsteht ein dem Kräftepaare der Dampfkraft gleiches, aber entgegengesetztes Kräftepaar, und an der Achse des Rades bleibt die transportierte, horizontal nach vorn wirkende Kraft Z' übrig. Bezeichnet man den Halbmesser des Rades mit R, so wird aus der Gleichheit der Kräftepaare:

$$Z' = P \frac{r}{R} \frac{\sin(\varphi \mp \alpha)}{\cos \alpha} = P \frac{r}{R} (\sin \varphi \mp \cos \varphi \operatorname{tang} \alpha),$$

und das ist die Zugkraft der Lokomotive, soweit sie auf einer Seite erzeugt wird.

Hier muss man nun eine weitere Annäherung zulassen. Der Winkel α zwischen der Richtung der Kurbelstange und der Achse des Dampfcylinders bleibt, namentlich bei Lokomotiven, stets sehr klein, da die Länge l der Kurbelstange kaum mehr unter dem Sechsfachen der Länge r des Kurbelradius ausgeführt wird. Man kann daher angenähert setzen:

$$\operatorname{tang} \alpha \backsim \sin \alpha = \frac{r}{l} \sin \varphi. \tag{3}$$

Das giebt nach einfacher Umformung für die Zugkraft:

$$Z' = P \frac{r}{R} (\sin \varphi \mp \frac{r}{2\,l} \sin 2\,\varphi). \tag{4}$$

Hat die Lokomotive mehrere Triebachsen, so verteilt sich diese Zugkraft auf alle, ihr Gesamtwert bleibt aber gleich Z' aus Gleichung (4). Dabei ist allerdings vorausgesetzt, die Triebachsen seien genügend belastet, so dass ein Schleudern der Lokomotive mit Sicherheit ausgeschlossen bleibt.

Z' ist die Zugkraft auf einer Seite der Lokomotive. Auf der anderen Seite wirkt eine gleiche Zugkraft, nur mit verschobenen Phasen, da die beiden Kurbeln gegenseitig einen rechten Winkel einschliessen. Um die beidseitigen Zugkräfte mit einander vereinigen zu können, ist es besser, Z' so umzuformen, dass der Winkel φ in jedem Quadranten frisch von Null an bis 90^0 gezählt wird. Dabei sollen die Quadranten jeder Kurbel als hinten-oben, oben-vorn, vorn-unten und unten-hinten durch die Indices *ho*, *ov*, *vu* und *uh* unterschieden werden. Man erhält so Z'_{ho} und

Z'_{vu} unmittelbar aus Gleichung (4) für das obere oder untere Vorzeichen des zweiten Gliedes, Z'_{ov} und Z'_{uh} dagegen, indem man φ durch $90^0 + \varphi$ ersetzt. Das giebt:

$$(5) \quad \begin{cases} Z'_{ho} = P\frac{r}{R}\left(\sin\varphi - \frac{r}{2\,l}\sin 2\,\varphi\right), \\ Z'_{ov} = P\frac{r}{R}\left(\cos\varphi + \frac{r}{2\,l}\sin 2\,\varphi\right), \\ Z'_{vu} = P\frac{r}{R}\left(\sin\varphi + \frac{r}{2\,l}\sin 2\,\varphi\right), \\ Z'_{uh} = P\frac{r}{R}\left(\cos\varphi - \frac{r}{2\,l}\sin 2\,\varphi\right). \end{cases}$$

Die weitere Entwickelung gestaltet sich nun am einfachsten, wenn man die ganze Zugkraft der Lokomotive darstellt in Funktion der Richtung der Halbierungslinie des rechten Winkels zwischen den beiden Kurbeln. Dabei muss φ von den unter 45^0 gegen die Horizontale und Vertikale geneigten Linien gezählt werden, und die vier Quadranten der Halbierungslinie sind der hintere, h, der obere, o, der vordere, v, und der untere, u. Die ganze Zugkraft der Lokomotive ist stets die Summe der beidseitigen einzelnen Zugkräfte, und man erhält sie, indem man je zwei benachbarte Ausdrücke aus den Gleichungen (5) addiert. Als Index muss man den hinzufügen, der in beiden Summanden gleichzeitig auftritt. So findet sich:

$$(6) \quad \begin{cases} Z_h = P\frac{r}{R}\left(\cos\varphi + \sin\varphi - \frac{r}{l}\sin 2\,\varphi\right), \\ Z_o = Z_u = P\frac{r}{R}\left(\cos\varphi + \sin\varphi\right), \\ Z_v = P\frac{r}{R}\left(\cos\varphi + \sin\varphi + \frac{r}{l}\sin 2\varphi\right). \end{cases}$$

In dieser Weise dargestellt wird die ganze Zugkraft unabhängig davon, welche der beiden Kurbeln der andern voreilt.

Der Wert von Z lässt sich für alle Quadranten gemeinschaftlich durch einen einzigen Ausdruck darstellen, wenn man die Ordnungsnummer n der Quadranten einführt und dabei für den unteren Quadranten der Halbierungslinie mit $n = 0$ zu zählen bebeginnt. Man muss dann in dem Gliede mit sin 2 φ noch den Faktor sin $n\pi/2$ hinzufügen und erhält:

$$Z = P\frac{r}{R}\left(\cos\varphi + \sin\varphi - \frac{r}{l}\sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi\right). \tag{7}$$

Weiterhin soll nun angenommen werden, dass die Eigenwiderstände der eigentlichen Maschine und ausserdem auch noch die rollende Reibung der Triebräder auf den Schienen als angenähert konstanter Rückdruck am Kolben bei P schon abgezogen seien. Dann wird Z wirklich von den Triebrädern in ihrer Achshöhe auf den in den Federn hängenden Oberbau der Lokomotive übertragen. Und da die Triebachsen stets tiefer liegen, als der Schwerpunkt des Oberbaues, so übt die Kraft Z auf diesen ein Drehmoment um seine horizontale Querachse aus, das bei Fahrt nach vorwärts den vorderen Teil der Lokomotive zu heben sucht. Z beeinflusst also die Bewegung des Galoppierens.

Wesentlich gleichartig wirkt der Zugwiderstand. Diesen führen nun Redtenbacher und Einbeck einfach als konstante, horizontal nach rückwärts gerichtete Kraft ein. Das halte ich aber nicht für richtig.

Der Zugwiderstand, soweit er auf den Oberbau der Lokomotive einwirkt, setzt sich aus zwei verschiedenen Teilen zusammen. Der eine ist der auf den Oberbau entfallende Luftwiderstand, der unbedenklich konstant angenommen werden darf. Der andere Teil ist der durch den ganzen übrigen Zug verursachte Widerstand am Zughaken der Lokomotive, und dieser ist in Wirklichkeit nicht konstant. Wenn nämlich die veränderliche Zugkraft z. B. gerade grösser ist, als ihr Mittelwert, so wird die Lokomotive dem übrigen Zuge etwas voreilen. Dadurch wird aber die stets elastische Kuppelung zwischen der Lokomotive und dem nächsten Wagen etwas angezogen und also der Widerstand am Zughaken der Lokomotive vergrössert. Ist umgekehrt die Zugkraft kleiner als ihr Mittelwert, so bleibt die Lokomotive infolge ihrer grösseren Eigenwiderstände gegenüber den Wagen etwas zurück, wodurch die Anspannung der Kuppelung gelockert wird. Wenn man diese Verhältnisse genauer rechnerisch verfolgen wollte, so müsste man die Massen der einzelnen Fahrzeuge des Zuges und die Elasticitätsverhältnisse der einzelnen Zugvorrichtungen kennen. Bei der vorliegenden Untersuchung spielt aber die Veränderlichkeit der Zugkraft eine untergeordnete Rolle, und es soll daher zur Vereinfachung der Formeln angenommen werden, dass der Luftwiderstand auf den Oberbau

der Lokomotive genügend klein bleibt, um gegenüber den anderen Kräften vernachlässigt werden zu dürfen, und dass sich der Widerstand am Zughaken der Lokomotive in jedem Augenblicke gleich der Zugkraft einstellt, dass also diese beiden Kräfte ein veränderliches Kräftepaar bilden. Ist dann h die Höhe des Zughakens über den Triebachsen, so wird das Moment dieses Paares:

$$(8) \qquad \mathfrak{M}_1 = P \frac{r h}{R} (\cos \varphi + \sin \varphi - \frac{r}{l} \sin n \frac{\pi}{2} \sin 2 \varphi).$$

So lange dieses Moment positiv ist, wirkt es auf Heben des vorderen Teiles der Lokomotive.

Die beiden anderen gaukelnden Bewegungen sind von der Zugkraft und dem Zugwiderstande ganz unabhängig.

§ 2. Die Linealpressungen.

Die gaukelnden Bewegungen der Lokomotiven werden namentlich hervorgerufen durch die senkrecht zu den Führungslinealen gerichteten Kräfte N', die sich in Gleichung (1) bei Zerlegung des Dampfüberdruckes P am Kreuzkopfe ergeben hatten. Man kann aber mit dem genauen Ausdrucke für N' nicht weiter rechnen, muss vielmehr auch hier die schon in Gleichung (3) eingeführte Annäherung zulassen. Damit wird:

$$(9) \qquad N' = P \frac{r}{l} \sin \varphi.$$

In den toten Punkten der Kurbel ändern P und $\sin \varphi$ gleichzeitig ihr Vorzeichen, wenn man φ von Null bis 2π zählt; N ändert also sein Vorzeichen nicht und wirkt bei Fahrt nach vorwärts ununterbrochen nach aufwärts.

Um die beidseitigen Linealpressungen zusammensetzen zu können, muss man auch hier den Ausdruck für N' so umformen, dass φ in jedem Quadranten frisch von Null bis 90^0 gezählt wird. Das giebt mit den früheren Bezeichnungen zunächst für jede Seite der Lokomotive:

$$(10) \qquad \begin{cases} N'_{ho} = N'_{vu} = P \frac{r}{l} \sin \varphi, \\ N'_{ov} = N'_{uh} = P \frac{r}{l} \cos \varphi. \end{cases}$$

Diese Kräfte müssen von beiden Seiten unter Anbringung von Gegenkräften nach dem Schwerpunkte des in den Federn hängenden Teiles der Lokomotive transportiert werden. Dabei sollen die resultierenden Kraftwirkungen wieder auf die Richtung der Halbierungslinie des Winkels zwischen den beiden Kurbeln bezogen werden. Dann ergeben zunächst die transportierten Kräfte im Schwerpunkte eine nach oben gerichtete Kraft gleich der Summe je zweier benachbarter Werte von N' aus den Gleichungen (10), also:

$$N_h = N_o = N_v = N_u = P \frac{r}{l} (\cos\varphi + \sin\varphi) \equiv N. \tag{11}$$

Bei dem Transporte der N an den Schwerpunkt des Oberbaues entstehen Kräftepaare, die in vertikalen, aber gegenüber der Lokomotive schrägen und veränderlichen Ebenen wirken. Es ist daher besser, sie in je zwei bequemer liegende Paare zu zerlegen, und zwar in ein Paar, das um die horizontale Querachse und in ein anderes, das um die horizontale Längenachse der Lokomotive dreht. Das erste Paar erzeugt das Galoppieren, das zweite das Wanken.

Das Moment des ersten, um die Querachse drehenden Paares wird für eine Seite der Lokomotive, wenn s_2 den horizontalen Abstand der hinteren, der Haupttriebachse hinter dem Schwerpunkte des Oberbaues bezeichnet:

$$\mathfrak{N}' = N' (l \cos\alpha \mp r \cos\varphi - s_2).$$

Das doppelte Vorzeichen des zweiten Gliedes gilt wieder für die beiden Halbkreise der Kurbel. Hier ist zunächst nötig, angenähert:

$$\cos\alpha \backsim 1$$

zu setzen. Führt man dann noch N' aus Gleichung (9) ein, so folgt, wenn man gleich $\sin\varphi/l$ in die Klammer hineinnimmt:

$$\mathfrak{N}' = P r \left(\frac{l - s_2}{l} \sin\varphi \mp \frac{r}{2\,l} \sin 2\,\varphi\right). \tag{12}$$

In diesem Ausdrucke tritt der Winkel φ gleich auf, wie in Gleichung (4) für die Zugkraft Z'. Zählt man ihn jetzt hier auch in jedem Quadranten frisch, bildet die beidseitigen Werte von $\mathfrak{N}'$, wie in den Gleichungen (5) und addiert dann je zwei benachbarte, so erhält man für das ganze Moment, bezogen auf die Richtung

der Halbierungslinie des Winkels zwischen den beiden Kurbeln, ähnlich wie in Gleichung (8):

$$(13) \quad \mathfrak{N}_2 = Pr\left[\frac{l-s_2}{l}(\cos\varphi + \sin\varphi) - \frac{r}{l}\sin n\,\frac{\pi}{2}\sin 2\,\varphi\right].$$

Das zweite beim Transporte der Linealpressungen entstehende Kräftepaar dreht um die horizontale Längenachse der Lokomotive. Um sein Moment berechnen zu können, muss man die beiden Seiten der Lokomotive unterscheiden, und das soll hier so geschehen, dass sie vom Führerstande aus gesehen als linke und rechte mit dem Index l und r bezeichnet werden. Ist dann c der Abstand der Cylinderachsen von der vertikalen Längensymmetrieebene der Lokomotive, so wird das im Sinne des Uhrzeigers positiv gerechnete Moment:

$$\mathfrak{M}' = (N_l - N_r)\,c.$$

Für N_l und N_r sind hier stets die Werte von zwei benachbarten Quadranten einzusetzen, von welchen, hängt aber von der Reihenfolge der Kurbeln ab. Es soll nun angenommen werden, die linke Kurbel eile der rechten nach, dann ist N_l immer für den N_r folgenden Quadranten zu nehmen. Setzt man die N aus den Gleichungen (10) ein und bezieht das Moment wieder auf die Richtung der Halbierungslinie des Winkels zwischen den Kurbeln, so findet man:

$$\mathfrak{M}_h = \mathfrak{M}_v = P\frac{r}{l}(\cos\varphi - \sin\varphi),$$

$$\mathfrak{M}_o = \mathfrak{M}_u = P\frac{r}{l}(\sin\varphi - \cos\varphi).$$

Beide Ausdrücke kann man in den einen zusammenfassen:

$$(14) \quad \mathfrak{M}_2 = \pm P\frac{r}{l}(\cos\varphi - \sin\varphi).$$

Die Annahme, dass die linke Kurbel voreilt, hätte das Vorzeichen in $\mp$ geändert.

Der absolute Wert des Momentes $\mathfrak{M}$ verläuft also in allen Quadranten gleich, nur tritt jedesmal, wenn eine der Kurbeln einen ihrer toten Punkte überschreitet, ein Vorzeichenwechsel auf.

§ 3. Die Federung.

Die Masse des in den Federn hängenden Oberbaues der Lokomotive sei M, sein Gewicht also Mg. Davon trage die vordere Achse den Teil $M_1 g$, die hintere $M_2 g$. Sind dann s_1 und s_2 die horizontal gemessenen Abstände der Achsen vom Schwerpunkte des Oberbaues, so bestehen zwischen diesen Grössen die Beziehungen:

$$M_1 g + M_2 g = Mg, \quad M_1 g s_1 = M_2 g s_2. \tag{15}$$

Das Gewicht $M_1 g$ verteilt sich, wie man unbedingt annehmen darf, zu gleichen Teilen auf die beiden vorderen Längsfedern, so dass also auf jede $\frac{1}{2} M_1 g$ kommt. $M_2 g$ wird dagegen ganz von der hinteren Querfeder aufgenommen. Diese Lastverteilung gilt aber nur für die ruhende Lokomotive. Dabei biegen sich die Federn gegenüber dem unbelasteten Zustande um einen gewissen Betrag ein, und es soll nun hier die vereinfachende Annahme gemacht werden, dass diese Einbiegungen bei allen drei Federn gegenseitig gleich gross seien. Sie mögen mit f bezeichnet werden.

Da die Federn nur innerhalb der Elasticitätsgrenze beansprucht werden, so kann man zwischen den Belastungen der Ruhe und den zugehörigen Einsenkungen die Gleichungen aufstellen:

$$\frac{1}{2} M_1 g = \varepsilon_1 f, \quad M_2 g = \varepsilon_2 f, \tag{16}$$

worin ε_1 und ε_2 Elasticitätskoefficienten der Federn bedeuten. Setzt man diese Werte in die Gleichungen (15) ein, so erhält man:

$$(2\varepsilon_1 + \varepsilon_2) f = Mg, \tag{17}$$

$$2\varepsilon_1 s_1 = \varepsilon_2 s_2. \tag{18}$$

Für die weitere Entwickelung soll ein festes Koordinatensystem eingeführt werden. Sein Anfangspunkt möge mit dem Schwerpunkte des Oberbaues bei ruhender Lokomotive zusammenfallen, die x-Achse vertikal nach aufwärts, die y-Achse horizontal nach rechts, die z-Achse horizontal nach vorn gerichtet sein. In einem beliebigen Augenblicke habe sich durch die gaukelnden Bewegungen der Schwerpunkt um x aus seiner Ruhelage gehoben, sei die vertikale Symmetrieebene des Oberbaues um den Winkel χ von rück-

wärts gesehen im Sinne des Uhrzeigers geneigt, während sich die Längenachse vorn gehoben habe, so dass sie mit der Horizontalen einen Winkel ψ einschliesst. Durch diese Lagenänderung des Oberbaues ändern sich die Einbiegungen der Federn, also auch die Pressungen, die sie auf den Oberbau ausüben. Diese geänderten Pressungen, sollen mit X bezeichnet und durch die zugehörigen, schon benutzten Indices unterschieden werden. Die genauen Ausdrücke für die X würden aber trigonometrische Funktionen der Winkel χ und ψ enthalten. Will man diese vermeiden, um überhaupt für die gaukelnden Bewegungen auf integrabele Ausdrücke zu kommen, so muss man annehmen, dass die Winkelausschläge genügend klein bleiben, um den sin durch den Bogen ersetzen zu dürfen. Bezeichnet man noch die horizontalen Abstände der vorderen Längsfedern von der vertikalen Längensymmetrieebene der Lokomotive mit e, so findet man für die Kräfte X:

$$(19)\qquad \begin{cases} X_{1,r} = \varepsilon_1\,(f - x + e\chi - s_1\psi), \\ X_{1,l} = \varepsilon_1\,(f - x - e\chi - s_1\psi), \\ X_2 = \varepsilon_2\,(f - x + s_2\psi). \end{cases}$$

Transportiert man diese Kräfte an den Schwerpunkt des Oberbaues der Lokomotive, so erhält man dort als ihre algebraische Summe eine nach aufwärts gerichtete Kraft X, die unter Berücksichtigung der Gleichungen (17) und (18) und mit der kürzeren Bezeichnung:

$$(20)\qquad 2\varepsilon_1 + \varepsilon_2 \equiv \varepsilon$$

den Wert annimmt:

$$(21)\qquad X = Mg - \varepsilon x.$$

Beim Transport der Kräfte X entsteht zunächst ein Kräftepaar, das den Oberbau um eine horizontale Querachse zu drehen strebt. Die gleichartig drehenden Kräftepaare sind früher als positiv eingeführt worden, wenn sie auf ein Heben des vorderen Teiles der Lokomotive wirken. Daher wird hier:

$$\mathfrak{N}_3 = (X_{1,r} + X_{1,l})\,s_1 - X_2\,s_2.$$

Setzt man die X aus den Gleichungen (19) ein und berück-

sichtigt Gleichung (18), so fällt $f - x$ ganz weg, und man erhält mit Einführung einer einfacheren Bezeichnung:

(22) $$\mathfrak{N}_3 = -(2\varepsilon_1 s_1^2 + \varepsilon_2 s_2^2)\,\psi \equiv -\xi^2\psi.$$

Das zweite Kräftepaar dreht um die horizontale Längenachse des Oberbaues. Rechnet man es, wie früher, positiv, wenn es vom Führerstande aus gesehen im Sinne des Uhrzeigers dreht, so wird sein Moment:

$$\mathfrak{M}_3 = (X_{1,l} - X_{1,r})\,e.$$

X_2 kommt hier nicht in Betracht, weil es in der Mitte der Breite der Lokomotive angreift. Mit den Gleichungen (19) wird $\mathfrak{M}_3$:

(23) $$\mathfrak{M}_3 = -2\varepsilon_1 e^2 \chi.$$

§ 4. Die Schienenstösse.

Die Schienenstösse und andere Unregelmässigkeiten der Schienen und des Geleises können die gaukelnden Bewegungen nur dann beeinflussen, wenn sie Bewegungen der Räder und Achsen in vertikaler Richtung hervorrufen. Solche Bewegungen übertragen sich durch die Achsbüchsen auf die Federn und ändern deren Einbiegungen und Spannungen und damit die auf den Oberbau wirkenden Kräfte. Man muss also das Gesetz der Vertikalbewegungen der Räder aufsuchen. Dabei soll zunächst angenommen werden, die Schienen seien auf Langschwellen verlegt und diese so gut mit Schotter unterstopft, dass eine eigentliche Durchbiegung der Schienen und des ganzen Bahnoberbaues ausgeschlossen ist. Trotzdem findet infolge der Elasticität der Materialien eine Gestaltsänderung statt, indem sich das Rad an der Berührungsstelle etwas abplattet, während die Schiene an ihrem Kopfe eine Eindrückung erfährt. Das in Wirklichkeit belastete Rad steht also tiefer, als wenn es ganz unbelastet wäre, und zwar um so tiefer, je stärker es belastet ist. Diese Belastung ändert sich nun während der Fahrt ununterbrochen, veranlasst durch die Kräfte, die bei den gaukelnden Bewegungen beteiligt sind und ferner durch die Gegengewichte an den Triebrädern. Die ersten Einwirkungen bleiben aber stets klein und dürfen daher hier unbedenklich vernachlässigt werden, die Centrifugalkräfte der Gegengewichte können dagegen gelegentlich sehr gross ausfallen. Um aber keine zu verwickelten Formeln zu erhalten, soll ausdrücklich angenommen werden, dass

die Lokomotive für Unveränderlichkeit der Belastung der Triebräder balanciert ist, eine Anordnung, die sich auch ausgeführt findet, wenn auch selten. Dann bleibt also der Raddruck konstant.

Von den übrigen Grössen, von denen die Gestaltsänderungen abhängen, sind zwei, nämlich der Raddurchmesser und die Elasticität der Materialien, an und für sich konstant, während die dritte, die Geschwindigkeit der Fahrt, auch als konstant angenommen werden muss, da alle solche Untersuchungen nur für gleichförmigen Beharrungszustand durchgeführt werden können. Dabei ist die Geschwindigkeit deswegen von Einfluss, weil die Ausbildung der vollständigen Gestaltsänderungen stets eine gewisse Zeit erfordert.

Steht nun ein belastetes Rad zunächst ruhig auf einer Schiene, und zwar hinreichend weit von jedem Endpunkte der Schiene entfernt, so wird sich eine Gestaltsänderung ausbilden, welche die Senkrechte vom Mittelpunkte des Rades auf die Richtung der Schiene zur Symmetrieachse hat, und man wird auch annehmen dürfen, dass die neuen Profilkurven beidseitig tangierend in die alten übergehen. Die Berührung zwischen Rad und Schiene erreicht dabei eine endliche Länge. Weiterhin soll aber doch von einem Berührungspunkte gesprochen und darunter der Fusspunkt des Perpendikels verstanden werden, das man von dem Mittelpunkte des Rades auf den gemeinschaftlichen Teil beider Profilkurven fällen kann.

Bewegt sich das Rad auf der Schiene fort, so hat in irgend einem Augenblicke die Gestaltsänderung vor dem Rade noch nicht die nötige Zeit gehabt, sich vollständig auszubilden, dahinter ist sie umgekehrt noch nicht wieder ganz zurückgegangen. Die neuen Profilkurven müssen folglich vorn steiler, hinten flacher gestaltet sein, als bei ruhendem Rade; sie sind also unsymmetrisch, und zwar so, dass der Berührungspunkt etwas vorrückt.

So lange nun das Rad so weit von dem Ende der Schiene entfernt ist, dass der vordere Endpunkt der Eindrückung, in dem sie die geradlinige Oberkante der Schiene berührt, noch auf die Schiene fällt, so wird sich die Eindrückung, sich selbst kongruent, mit dem Rade fortbewegen. Während dieser ganzen Zeit ändert sich die Achshöhe des Rades nicht, und es bleiben daher die gaukelnden Bewegungen von den Schienen unbeeinflusst.

Hat sich dagegen das Rad dem Ende der Schiene so weit genähert, dass der vordere Endpunkt der Eindrückung nicht mehr auf die Schiene fällt, so ist vor dem Rade nicht mehr genügendes Material vorhanden, um den Raddruck in der bisherigen Weise aufzunehmen; die Eindrückung muss dort zunehmen, und die Radachse anfangen, sich zu senken. Dabei bleibt der Berührungspunkt des Rades mit der Schiene relativ zurück, und es hängt von den Dimensionsverhältnissen ab, ob er überhaupt bis an den Endpunkt der Schiene vorrückt. Die Senkung der Radachse dauert fort, bis das Rad den Anfang der folgenden Schiene trifft. Von diesem Augenblicke an beginnt diese Schiene, einen Teil des Raddruckes aufzunehmen, und die erste Schiene wird daher immer mehr entlastet, so dass ihre Eindrückung abnimmt. Die Folge davon ist ein Wiederheben der Radachse, das so lange andauert, bis sich der Raddruck auf die beiden benachbarten Schienen zu gleichen Teilen verteilt. Bei weiterer Fortbewegung stützt sich das Rad immer stärker auf die zweite Schiene, so dass diese immer mehr eingedrückt wird und das ganze Rad wieder sinkt. In seiner tiefsten Lage wird es in dem Augenblicke angelangt sein, in welchem es gerade aufhört, die erste Schiene zu berühren. Das weitere Auflaufen auf die zweite Schiene erfolgt dann angenähert gleich, nur natürlich im umgekehrten Sinne, wie das Ablaufen von der ersten. Die Eindrückung auf der zweiten Schiene ist auch zunächst einseitig ausgebildet, ihr Berührungspunkt mit dem Rade liegt also anfangs tiefer und weiter vorn. Allmählich nimmt aber die Eindrückung ihre normale Gestalt an, worauf sich die Radachse wieder in konstanter Höhenlage weiter bewegt.

Bei jedem Uebergange über einen Schienenstoss vollzieht also ein Rad zwei Schwingungen in senkrechter Richtung mit stetiger Aenderung der Höhenlage, um sich dann wieder auf dem weitaus grössten Teil der Schienenlänge in unveränderlicher Höhe weiter zu bewegen. Die Doppelschwingung erfolgt allerdings sehr rasch, so dass man sie als einen „Stoss“ des Rades gegen die zweite Schiene bezeichnen muss, aber sie vollzieht sich doch nicht in einer Zeit gleich Null, sondern sie braucht eine endliche Zeit. Könnte man die Gestaltsänderungen genau berechnen und namentlich angeben, in welchen Abständen von den Schienenenden die normale

Eindrückung aufhört und wieder anfängt, so wäre auch die Zeit für diese Doppelschwingung bestimmbar.

Trotz der Unmöglichkeit, die Vertikalbewegungen der Radachsen rechnerisch weiter zu verfolgen, kann man ihren Einfluss auf die gaukelnden Bewegungen doch analytisch in die Formeln einführen. Allerdings muss man dazu noch die weitere, selbstverständliche Annahme machen, dass alle Schienen und auch alle Schienenzwischenräume unter sich je gleich lang sind. Da die Fahrgeschwindigkeit auch unveränderlich angenommen werden musste, so werden sich die Schwingungen nach je gleichen Zeiten kongruent wiederholen. Die Vertikalbewegung der Radachsen wird daher eine periodische, stetige Funktion der Zeit und bleibt es auch, wenn den Hauptschwingungen vielleicht noch einige nachträgliche abnehmende Schwingungen folgen sollten, da man diese ebenfalls für alle Schienen gleich annehmen darf und muss. Eine solche periodische, stetige Funktion, sie mag sonst beschaffen sein, wie sie will, kann man nun stets analytisch durch eine Fourier'sche Reihe darstellen.

Bis jetzt wurde angenommen, dass die Schienen nur eine oberflächliche Eindrückung, dagegen keine eigentliche Einbiegung erfahren. Liegen sie aber auf Querschwellen, so werden nur diese sorgfältig mit Schotter unterstopft, während die Schienen zwischen den Schwellen nicht fest unterstützt sind, so dass sie sich einbiegen können. Diese Einbiegung hängt nicht nur von der Belastung und der augenblicklichen Stellung des untersuchten Rades auf der Schiene ab, sondern, da eine Schiene als kontinuierlicher Träger aufzufassen ist, von der Belastung und Stellung aller übrigen Räder der Lokomotive und der ihr folgenden Fahrzeuge, soweit diese Räder gleichzeitig auf einer Schienenlänge Platz haben. Eine genauere Rechnung würde also eigentlich für jede besondere Zusammensetzung des Zuges getrennt durch geführt werden müssen. Hier genügt es jedoch, festzustellen, dass durch diese Einbiegungen der Schiene jedes Rad wiederholt etwas sinken und darauf wieder steigen wird. Und da die Schwellen unter allen Schienen gleichartig verteilt sind, so würde das auch periodische und stetige Vertikalbewegungen der Radachse ergeben, die sich auf jeder Schiene kongruent wiederholen und die man daher durch die frühere Fourier'sche Reihe mit dargestellt denken kann.

Der Einfluss zufälliger schlechter Stellen der Bahn entzieht sich dagegen der Berechnung vollständig.

Die durch die Reihen dargestellten Vertikalbewegungen der Radachsen erzeugen gleich grosse Aenderungen in der Einbiegung der Tragfedern der Lokomotive und damit proportionale Aenderungen der von den Federn auf den Oberbau ausgeübten Pressungen. Diese erhält man, indem man die Fourier'schen Reihen mit dem Elasticitätskoeffizienten der Federn multipliziert. Ist dann m die Ordnungsnummer der Glieder, so wird die von einem Rade auf den Oberbau nach aufwärts zu ausgeübte Kraft, die mit Q bezeichnet werden möge:

$$Q = \varepsilon \sum_{m=o}^{m=\infty} (a_m \cos m\Theta + b_m \sin m\Theta).$$

$m = o$ giebt das konstante Glied a_o der Reihe. Beim Durchlaufen der Strecke zwischen den gleichliegenden Endpunkten zweier benachbarter Schienen wächst die Bogenzahl Θ um 2π.

Θ muss noch durch den Drehwinkel φ der Kurbel ausgedrückt werden. Da bei gleichförmiger Fahrt der Lokomotive Θ und φ proportional mit der Zeit wachsen, so wachsen beide Grössen auch unter sich proportional, man kann also:

$$d\Theta = \sigma d\varphi$$

setzen, wo die Konstante σ angiebt, wieviel Schienenlängen mit Einschluss des Schienenzwischenraumes die Lokomotive bei einer Umdrehung der Triebräder vorwärts kommt. Bei den heutigen Schienenlängen ist allerdings stets $\sigma < 1$. Für die Integration soll die Zählung von Θ am Anfange einer Schiene beginnen, während φ für jeden der toten Punkte einer der Kurbeln Null ist. Von $\Theta = o$ anfangend, muss sich dann die Triebachse zunächst um einen gewissen Winkel δ drehen, bis die Halbierungslinie des Winkels zwischen den beiden Kurbeln in den unteren Quadranten eintritt, der die Ordnungsnummer $n = o$ hat. Nach jedem Quadranten kommt dann ein Drehwinkel $\pi/2$ hinzu, und endlich, wenn die Halbierungslinie im n^{ten} Quadranten steht, noch φ. Daher ist:

$$\Theta = \sigma \left(\delta + n \frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

in die Fourier'sche Reihe einzusetzen, so dass diese wird:

$$Q = \varepsilon \sum_{m=o}^{m=\infty} \left[a_m \cos m\sigma \left(\delta + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_m \sin m\sigma \left(\delta + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) \right].$$

Für die beiden angenommenen Achsen der Lokomotive sind jedenfalls die Werte von δ verschieden und im allgemeinen auch die Konstanten a und b. Dagegen ist für die beiden Räder einer Achse der Wert von δ der nämliche, wenigstens wenn, wie es allgemein der Fall ist, die Schienenstösse der beiden Stränge eines Geleises nebeneinander liegen. Man erhält daher für die beiden vorderen Federn der Lokomotive unter sich gleiche Werte von Q, nämlich:

$$(24) \qquad Q_{1,r} = Q_{1,l}$$

$$= \varepsilon_1 \sum_{m=o}^{m=\infty} \left[a_{1,m} \cos m\sigma \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{1,m} \sin m\sigma \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) \right],$$

für die hintere Achse dagegen wegen der dortigen Querfeder eine einzige in der vertikalen Längensymmetrieebene angreifende Kraft:

$$(25) \qquad Q_2 = \varepsilon_2 \sum_{m=o}^{m=\infty} \left[a_{2,m} \cos m\sigma \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{2,m} \sin m\sigma \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) \right].$$

Durch den Transport dieser Kräfte nach dem Schwerpunkte des Oberbaues ergeben sich dort eine vertikal nach aufwärts wirkende Kraft:

$$(26) \qquad Q = Q_{1,r} + Q_{1,l} + Q_2$$

und ein um die horizontale Querachse drehendes Kräftepaar:

$$(27) \qquad \mathfrak{N}_4 = (Q_{1,r} + Q_{1,l})\, s_1 - Q_2\, s_2,$$

während das um die horizontale Längenachse drehende Paar

$$(28) \qquad \mathfrak{M}_4 = (Q_{1,l} - Q_{1,r})\, e = o$$

wird, weil angenommen wurde, dass die Stösse der beiden Schienenstränge nebeneinander liegen.

§ 5. Die Differentialgleichungen der gaukelnden Bewegungen.

In den drei hier allein in Frage kommenden Bewegungsgleichungen treten die zweiten Derivierten von x, ψ und χ nach der Zeit auf. Diese muss durch den Drehwinkel φ der Kurbeln ersetzt werden. Das ist möglich, wenn man die als konstant anzunehmende Winkelgeschwindigkeit:

$$(29) \qquad \omega = \frac{d\varphi}{dt} = \text{const.}$$

einführt. Damit schreibt sich z. B.:

$$(30) \qquad \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2x}{d\varphi^2}\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \omega^2\frac{d^2x}{d\varphi^2}.$$

Für die beiden andern Derivierten gilt die gleiche Umformung.

Um nun die Gesetze der gaukelnden Bewegungen entwickeln zu können, muss man alle dabei mitwirkenden Kräfte unter Anbringung von Gegenkräften nach dem Schwerpunkte des Oberbaues der Lokomotive transportieren, wie das mit den einzelnen Kräften schon früher geschehen ist.

Die transportierten vertikalen Kräfte erzeugen die senkrecht auf- und abgehende Bewegung des Wogens. Sie werden unterstützt durch das im Schwerpunkte nach abwärts zu wirkende Gewicht Mg des Oberbaues. Da die übrigen Kräfte nach aufwärts positiv eingeführt worden sind, so fällt dieses $-Mg$ gegen $+Mg$ in Gleichung (21) weg. Bildet man die algebraische Summe aller übrigen vertikal wirkenden Kräfte nach den Gleichungen (11), (21), (24) und (25), so erhält man unter Berücksichtigung von Gleichung (30) als Differentialgleichung für das Wogen:

$$(31) \qquad M\omega^2\frac{d^2x}{d\varphi^2} = P\frac{r}{l}(\cos\varphi + \sin\varphi) - \varepsilon x$$

$$+ 2\varepsilon_1\sum_{m=o}^{m=\infty}\left[a_{1,m}\cos m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{1,m}\sin m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$+ \varepsilon_2\sum_{m=o}^{m=\infty}\left[a_{2,m}\cos m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{2,m}\sin m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

Für drehende Bewegungen um eine der Koordinatenachsen gilt die allgemeine Gleichung:

$$\frac{d}{dt}\sum m\varrho^2\frac{d\vartheta}{d} = \sum \text{ aller Drehmomente.}$$

Hierin bedeutet m die Masse der einzelnen materiellen Punkte des bewegten Körpers, ϱ ihren Abstand von der festen Drehachse, ϑ den Winkel von ϱ mit einer der beiden anderen Achsen. Bei den gaukelnden Bewegungen des Oberbaues einer Lokomotive ändert sich nun ϱ ununterbrochen. Da aber alle Bewegungen eigentlich unendlich klein vorausgesetzt worden sind, so bleiben auch die Aenderungen der ϱ unendlich klein. Man kann daher die ϱ konstant annehmen und erhält dann zunächst in:

$$\sum m\varrho^2 \equiv J$$

das Trägheitsmoment des Oberbaues in Bezug auf eine feste Achse, die durch den Schwerpunkt der ruhenden Lokomotive hindurchgeht. Damit und nach Analogie von Gleichung (30) wird die Differentialgleichung für eine drehende Bewegung:

$$(32) \qquad J\frac{d^2\vartheta}{dt^2} = J\,\omega^2\frac{d^2\vartheta}{d\varphi^2} = \sum \text{ aller Drehmomente.}$$

Will man diese Gleichung zunächst auf die galoppierende Bewegung einer Lokomotive anwenden, so muss man unter

$$\sum \text{ aller Drehmomente}$$

die mit $\mathfrak{N}$ bezeichneten, in den Gleichungen (8), (13), (22) und (27) angegebenen Momente zusammenfassen. Das giebt, wenn man das Trägheitsmoment in Bezug auf die horizontale Querachse einfach mit J bezeichnet, als Differentialgleichung für das Galoppieren nach leichter Umformung:

$$(33) \qquad J\omega^2\frac{d^2\psi}{d\varphi^2}$$

$$= Pr\left[\left(\frac{h}{R} + \frac{l-s_2}{l}\right)(\cos\varphi + \sin\varphi) - \frac{r}{l}\sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi\right] - \xi^2\psi$$

$$+ 2\varepsilon_1 s_1 \sum_{m=o}^{m=\infty}{}' \left[a_{1,m}\cos m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{1,m}\sin m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$- \varepsilon_2 s_2 \sum_{m=o}^{m=\infty}{}' \left[a_{2,m}\cos m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{2,m}\sin m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

Für das Wanken endlich erhält man mit den Momenten $\mathfrak{M}'$ aus den Gleichungen (14) und (23) und wenn J_z das Trägheitsmoment in Bezug auf die horizontale Längenachse bezeichnet:

$$(34) \qquad J_z \omega^2 \frac{d^2\chi}{d\varphi^2} = \pm P \frac{r}{l} (\cos\varphi - \sin\varphi) - 2\varepsilon_1 e^2 \chi.$$

Die Schienenstösse üben also auf das Wanken keinerlei Einfluss aus, weil die daher rührenden Kraftwirkungen auf beiden Seiten der Lokomotive gleichartig verlaufen.

Von den hier entwickelten Gleichungen für die gaukelnden Bewegungen stimmt die letzte für das Wanken durchaus mit der schon von Redtenbacher dafür gegebenen überein, abgesehen von der abweichenden Schreibweise. Die Gleichungen für das Wogen und Galoppieren unterscheiden sich aber wesentlich von den Redtenbacher'schen. Sie enthalten hier mehr die von den Schienenstössen herrührenden Fourier'schen Reihen, dagegen fehlt ihnen je ein dort auftretendes Glied. Dieses Fortfallen rührt von der vereinfachenden Annahme her, dass sich alle Federn vom unbelasteten Zustande bis zur Belastung durch die ruhende Lokomotive gegenseitig gleich stark einbiegen. Ohne diese Annahme wäre in der Gleichung (31) für das Wogen ein Glied:

$$-(2\varepsilon_1 s_1 - \varepsilon_2 s_2)\,\psi$$

und in der Gleichung (33) für das Galoppieren ein Glied:

$$(2\varepsilon_1 s_1 - \varepsilon_2 s_2)(f - x)$$

stehen geblieben. Dann wären aber in jeder der beiden Gleichungen beide Veränderliche aufgetreten, was die Integration bedeutend verwickelter gemacht hätte.

Da die Gleichung für das Wanken von den Schienenstössen nicht beeinflusst wird, und da diese Bewegung schon von Zeuner und Einbeck erschöpfend untersucht worden ist, so hätte es keinen Zweck, die gleiche Untersuchung noch einmal zu wiederholen. Von den beiden anderen Gleichungen hat die für das Galoppieren insofern die allgemeinere Gestalt, als in ihr auch noch $\sin 2\varphi$ auftritt. Daher soll hier nur diese Gleichung integriert werden.

§ 6. Integration der Gleichung für das Galoppieren.

Um weiterhin einfachere Ausdrücke zu erhalten, sollen die konstanten Faktoren der Glieder:

$$\cos\varphi + \sin\varphi \text{ und } \sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi$$

in Gleichung (33) kurz mit T und U bezeichnet werden. Nimmt man dann noch das Glied $\xi^2\psi$ nach links, so erhält diese Gleichung die Gestalt:

$$(35) \qquad J\omega^2\frac{d^2\psi}{d\eta^2} + \xi^2\psi = T(\cos\varphi + \sin\varphi) - U\sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi$$

$$+ 2\varepsilon_1 s_1 \sum_{m=0}^{m=\infty}\left[a_{1,m}\cos m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{1,m}\sin m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$- \varepsilon_2 s_2 \sum_{m=0}^{m=\infty}\left[a_{2,m}\cos m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + b_{2,m}\sin m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

Eine Differentialgleichung, in der die gesuchte Funktion und ihre Differentialquotienten additiv auftreten, wird nun stets befriedigt entweder durch Exponentialgrössen oder durch Sinus und Cosinus. Da aber die rechte Seite der Gleichung (35) nur periodische Funktionen enthält, so sind hier Exponentialgrössen ausgeschlossen. In dem Ausdrucke für ψ müssen dann jedenfalls die cos und sin aller der Winkel auftreten, die schon in der Differentialgleichung stehen. Dazu können aber noch im allgemeinen cos und sin eines passend gewählten Vielfachen von φ, $\equiv \varkappa\varphi$, hinzukommen. Das Integral der Gleichung (35) muss also die Gestalt haben:

$$(36) \qquad \psi = A(\cos\varphi + \sin\varphi) - B\sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi + C\cos\varkappa\varphi + D\sin\varkappa\varphi$$

$$+ \sum_{m=0}^{m=\infty}\left[E_m\cos m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + F_m\sin m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$- \sum_{m=0}^{m=\infty}\left[G_m\cos m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + H_m\sin m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

Dieser Ausdruck ist dann das vollständige Integral der Differentialgleichung (35), wenn sich alle darin vorkommenden Konstanten, mit Ausnahme von zweien, aus der Bedingungsgleichung bestimmen lassen. Die beiden nicht bestimmbaren sind die beiden Integrations-

konstanten der doppelten Integration und hängen von den Anfangsbedingungen ab.

Zur Bestimmung der Konstanten braucht man die beiden ersten Differentialquotienten von ψ nach φ. Diese sind:

$$(37) \quad \frac{d\psi}{d\varphi} = A(-\sin\varphi + \cos\varphi)$$

$$-2B\sin n\frac{\pi}{2}\cos 2\varphi + \varkappa(-C\sin\varkappa\varphi + D\cos\varkappa\varphi)$$

$$+\sum_{m=o}^{m=\infty}\left[-m\sigma E_m \sin m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + m\sigma F_m \cos m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$-\sum_{m=o}^{m=\infty}\left[-m\sigma G_m \sin m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + m\sigma H_m \cos m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

$$(38) \quad \frac{d^2\psi}{d\varphi^2} = -A(\cos\varphi + \sin\varphi)$$

$$+4B\sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi - \varkappa^2(C\cos\varkappa\varphi + D\sin\varkappa\varphi)$$

$$-\sum_{m=o}^{m=\infty}\left[m^2\sigma^2 E_m \cos m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + m^2\sigma^2 F_m \sin m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$+\sum_{m=o}^{m=\infty}\left[m^2\sigma^2 G_m \cos m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + m^2\sigma^2 H_m \sin m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

Setzt man die Ausdrücke von ψ aus Gleichung (36) und $d^2\psi/d\varphi^2$ aus Gleichung (38) in die Differentialgleichung (35) ein, so erhält man einen Ausdruck, der für alle beliebigen Werte von φ identisch befriedigt werden muss. Das kann aber nur geschehen, wenn die Koeffizienten der cos und der sin derselben Winkel auf beiden Seiten gleich sind oder, wenn der Winkel nur auf einer Seite der Gleichung auftritt, verschwinden. Das giebt zur Berechnung der Konstanten folgende Gleichungen: als Faktoren

$$(39) \quad \text{von } \cos\varphi + \sin\varphi: \; (\xi^2 - J\omega^2)A = T,$$

$$(40) \quad \text{von } \sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi: \; (\xi^2 - 4J\omega^2)B = U,$$

$$(41) \quad \text{von } \cos\varkappa\varphi: \; (\xi^2 - \varkappa^2 J\omega^2)C = o,$$

$$(42) \quad \text{von } \sin\varkappa\varphi: \; (\xi^2 - \varkappa^2 J\omega^2)D = o,$$

$$(43) \quad \text{von } \cos m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right): \; (\xi^2 - m^2\sigma^2 J\omega^2)E_m = 2\varepsilon_1 s_1 a_{1,m},$$

$$(44) \quad \text{von } \sin m\sigma\left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right): \; (\xi^2 - m^2\sigma^2 J\omega^2)F_m = 2\varepsilon_1 s_1 b_{1,m},$$

(45) von $\cos m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$: $(\xi^2 - m^2\sigma^2 J\omega^2)\, G_m = \varepsilon_2 s_2 a_{2,m}$,

(46) von $\sin m\sigma\left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$: $(\xi^2 - m^2\sigma^2 J\omega^2)\, H_m = \varepsilon_2 s_2 b_{2,m}$.

Aus den Gleichungen (39), (40) und (43) bis (46) lassen sich die Koeffizienten A, B, E_m, F_m, G_m und H_m eindeutig berechnen, während zur Bestimmung von C, D und $\varkappa$ nur die zwei Gleichungen (41) und (42) vorhanden sind. Da nun nicht anzunehmen ist, dass C und D gleichzeitig verschwinden, so wird man diesen beiden Gleichungen zweckmässiger dadurch genügen, dass man die in beiden gleiche Klammer:

(47) $$\xi^2 - \varkappa^2 J\omega^2 = 0$$

werden lässt. Dann gehen C und D aus den Gleichungen gar nicht mehr zu berechnen. Man muss daher C und D als die beiden Integrationskonstanten ansehen, die aus Anfangsbedingungen bestimmt werden müssten.

Aus Gleichung (47) folgt, wenn man noch ξ^2 nach Gleichung (22) einsetzt, dass die bei der Integration eingeführte Konstante $\varkappa$ den Wert:

(48) $$\varkappa = \frac{1}{\omega}\sqrt{\frac{2\varepsilon_1 s_1^2 + \varepsilon_2 s_2^2}{J}}$$

annehmen muss. Dabei genügt es, von den beiden eigentlich vorhandenen Werten $+\varkappa$ und $-\varkappa$ nur $+\varkappa$ zu benutzen. Durch Einführung auch von $-\varkappa$ würde sich nämlich das Glied:

$$C \cos \varkappa\varphi$$

überhaupt gar nicht ändern. Das Glied:

$$D \sin \varkappa\varphi$$

erhielte nur das entgegengesetzte Vorzeichen. Da aber D eine der Integrationskonstanten ist, so würde es sein Vorzeichen nicht ändern, und ψ behielte doch denselben Wert wie für $+\varkappa$.

Da bei der Entwickelung der Kraftwirkungen, die die gaukelnden Bewegungen beeinflussen, der Winkel φ in jedem Quadranten frisch von 0 bis 90° gezählt wurde, so müssen die Integrationskonstanten C und D in jedem Quadranten neue Werte annehmen. Das hat bekanntlich Redtenbacher bei seinen Unter-

suchungen übersehen, wodurch er zu unrichtigen Schlussfolgerungen gelangt ist.

Die Integrationskonstanten C und D müssen natürlich für irgend einen Quadranten, z. B. den n^{ten}, bekannt, oder aus gegebenen Anfangsbedingungen bestimmbar sein. Dann lassen sie sich für je den folgenden, $(n+1)^{ten}$ Quadranten berechnen. Zu diesem Zwecke ist zu beachten, dass sich weder der Winkelausschlag ψ des Galoppierens noch seine Winkelgeschwindigkeit:

$$d\psi/dt,$$

also auch nicht der erste Differentialquotient:

$$d\psi/d\varphi,$$

sprungweise ändern können. Daher müssen beide Grössen für den:

$$n^{ten} \text{ Quadranten und } \varphi = \frac{\pi}{2}$$

die gleichen Werte annehmen, wie für den:

$$(n+1)^{ten} \text{ Quadranten und } \varphi = 0.$$

Bildet man diese Ausdrücke, so wird zunächst in den Fourier'schen Reihen:

$$\delta + n\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} = \delta + (n+1)\frac{\pi}{2} + 0,$$

und diese Reihen fallen daher bei Bestimmung der Konstanten C und D weg. Es bleibt nur aus Gleichung (36) für ψ:

$$A + C_n \cos \varkappa \frac{\pi}{2} + D_n \sin \varkappa \frac{\pi}{2} = A + C_{n+1}$$

und aus der Gleichung (37) für $d\psi/d\varphi$:

$$-A + 2B \sin n\frac{\pi}{2} - \varkappa C_n \sin \varkappa \frac{\pi}{2} + \varkappa D_n \cos \varkappa \frac{\pi}{2}$$
$$= A - 2B \sin (n+1)\frac{\pi}{2} + \varkappa D_{n+1}.$$

Aus beiden Gleichungen folgt, wenn man noch:

$$\sin (n+1)\frac{\pi}{2} = \cos n\frac{\pi}{2}$$

einführt:

$$(49) \quad \begin{cases} C_{n+1} = C_n \cos \varkappa \frac{\pi}{2} + D_n \sin \varkappa \frac{\pi}{2}, \\ D_{n+1} = - C_n \sin \varkappa \frac{\pi}{2} + D_n \cos \varkappa \frac{\pi}{2} - \frac{2}{\varkappa} A \\ \qquad\qquad + \frac{2}{\varkappa} B \left(\cos n \frac{\pi}{2} + \sin n \frac{\pi}{2} \right). \end{cases}$$

Dabei ist der trigonometrische Faktor des Gliedes mit B gleich $+1$ oder -1; er ändert nach je 2 Quadranten sein Vorzeichen.

Nimmt man nun an, die Werte von C und D seien als C_0 und D_0 für den Quadranten bekannt, der die Ordnungsnummer:

$$n = 0$$

hat, das ist also nach früher für die Lage der Halbierungslinie des Winkels zwischen den Kurbeln in ihrem unteren Quadranten, so kann man nach den Gleichungen (49) die Werte von C und D nacheinander für alle folgenden Quadranten berechnen. Man erhält auf diese Weise schliesslich für den allgemeinen, n^{ten} Quadranten:

$$(50) \quad \begin{cases} C_n = C_0 \cos n\varkappa \frac{\pi}{2} + D_0 \sin n\varkappa \frac{\pi}{2} - \frac{2}{\varkappa} A \Big[\sin \varkappa \frac{\pi}{2} + \sin 2\varkappa \frac{\pi}{2} \\ \qquad + \cdots + \sin (n-1) \varkappa \frac{\pi}{2} \Big] + \frac{2}{\varkappa} B \Big[\sin (n-1) \varkappa \frac{\pi}{2} \\ \qquad + \sin (n-2) \varkappa \frac{\pi}{2} - \sin (n-3) \varkappa \frac{\pi}{2} - \sin (n-4) \varkappa \frac{\pi}{2} \\ \qquad\qquad + \cdots \pm \sin \varkappa \frac{\pi}{2} \Big]. \\ D_n = - C_0 \sin n\varkappa \frac{\pi}{2} + D_0 \cos n\varkappa \frac{\pi}{2} - \frac{2}{\varkappa} A \Big[1 + \cos \varkappa \frac{\pi}{2} \\ \qquad + \cos 2\varkappa \frac{\pi}{2} + \cdots + \cos (n-1) \varkappa \frac{\pi}{2} \Big] + \frac{2}{\varkappa} B \Big[\cos (n-1) \varkappa \frac{\pi}{2} \\ \qquad + \cos (n-2) \varkappa \frac{\pi}{2} - \cos (n-3) \varkappa \frac{\pi}{2} - \cos (n-4) \varkappa \frac{\pi}{2} \\ \qquad\qquad + \cdots \pm \cos \varkappa \frac{\pi}{2} \pm 1 \Big]. \end{cases}$$

In den Koeffizienten von B sind in beiden Ausdrücken die beiden ersten Glieder stets positiv, weiterhin wechselt das Vorzeichen nach je zwei Gliedern; das Vorzeichen des letzten Gliedes ergiebt sich dann von selbst.

Aus den Gleichungen (50) folgt, dass sich die Integrations-

konstanten C und D in der That von Quadrant zu Quadrant ändern. Soweit sie von C_0 und D_0 abhängig sind, bleiben sie aber endlich, wenigstens, wenn man C_0 und D_0 selbst als endlich voraussetzt, was selbstverständlich nötig ist. In den Faktoren von A und B wird bei einem beliebigen Werte von $\varkappa$ im allgemeinen ein regelmässiger Vorzeichenwechsel nach je einer Reihe von Gliedern auftreten. Dadurch werden sich die Werte von C_n und D_n während der nämlichen Reihe aufeinanderfolgender Quadranten je im gleichen Sinne ändern; nach einer bestimmten Reihe von Quadranten wechselt aber der Sinn der Aenderung immer wieder. Die Schwankungen von C_n und D_n können dabei allerdings vorübergehend verhältnismässig gross werden, aber doch nicht bis in's Unendliche wachsen. Daher bleibt dann auch der Winkelausschlag des Galoppierens endlich gegenüber seinen der ganzen Rechnung zu Grunde gelegten eigentlich unendlich kleinen Werten, also jedenfalls klein.

Dagegen giebt es auch eine Anzahl bestimmter Werte von $\varkappa$, für die in den Faktoren von A und B kein Vorzeichenwechsel auftritt, so dass die absoluten Werte dieser Glieder und daher auch die von C_n und D_n schliesslich von Quadrant zu Quadrant immer grösser werden. Das Gleiche gilt dann auch von den Winkelausschlägen des Galoppierens, die dabei eine für die Sicherheit der Fahrt „gefährliche" Grösse erreichen können. Die eine Gruppe dieser gefährlichen Werte von $\varkappa$ ist:

$$\varkappa = 4, 8, 12, \ldots .$$

für welche bei D_n in dem Faktor von A alle cos gleich $+1$ werden. Die zweite Gruppe ist

$$\varkappa = 1, 3, 5, 7, \ldots$$

weil für sie bei C_n und D_n in den Faktoren von B zwar die eine Hälfte der Glieder verschwindet, die andere dagegen den Wert 1 mit überall dem gleichen Vorzeichen annimmt. Von diesen gefährlichen Werten fällt allerdings der Wert:

$$\varkappa = 1$$

hier zunächst fort, da für ihn, wie später noch nachgewiesen werden wird, Gleichung (36) gar nicht mehr das Integral der Diffe-

rentialgleichung (35) ist. Das Vorhandensein der übrigen gefährlichen Werte von $\varkappa$ ist übrigens schon von Einbeck nachgewiesen worden.

Nach Gleichung (48) hängt $\varkappa$ ab von der Winkelgeschwindigkeit ω und von den Konstanten der Lokomotive $\varepsilon_1, \varepsilon_2, s_1, s_2$ und J. Ein bestimmter Wert von $\varkappa$ geht also nur durch eine bestimmte Winkelgeschwindigkeit zu erreichen. Um zu sehen, wie gross die gefährlichen Geschwindigkeiten ausfallen, soll eine bestimmte Lokomotive zahlenmässig nachgerechnet werden. Da es mir hier aber nur auf eine angenäherte Feststellung der Grössenordnung dieser Winkelgeschwindigkeit ankommt, so runde ich die Zahlenwerte von vornherein ab. Der in den Federn hängende Oberbau wiegt rund 24^t, die sich mit je 12^t auf die beiden Achsen verteilen, da beide Triebachsen sind. Beträgt die Einbiegung der Federn bei dieser Belastung gegenüber dem unbelasteten Zustande 50^{mm}, so ist nach den Gleichungen (16) für jede der beiden vorderen Längsfedern:

$$6000 = \varepsilon_1 \cdot 0{,}05,$$

für die hintere Querfeder:

$$12000 = \varepsilon_2 \cdot 0{,}05.$$

Daraus folgt:

$$\varepsilon_1 = 120\,000 \text{ und } \varepsilon_2 = 240\,000.$$

Der Radstand ist:

$$2{,}8^m \backsim 2\sqrt{2},$$

daher wird:

$$s_1 = s_2 = \sqrt{2}$$

und:

$$\xi^2 = 2\varepsilon_1 s_1^2 + \varepsilon_2 s_2^2 = 2 \cdot 120000 \cdot 2 + 240\,000 \cdot 2 = 960\,000.$$

Zur Berechnung des Trägheitsmomentes J in Bezug auf die horizontale Querachse soll die Lokomotive einfach als homogene materielle Gerade von der Länge $L \backsim 5^m$ angesehen werden; dann ist es auch zulässig $g \backsim 10$ einzuführen. Das giebt:

$$J = \frac{1}{12} ML^2 = \frac{1}{12} \cdot \frac{24000}{10} \cdot 25 = 5000.$$

Hiermit wird nach Gleichung (48) das Produkt:

$$\varkappa\omega = \sqrt{\frac{2\varepsilon_1 s_1^2 + \varepsilon_2 s_2^2}{J}} = \sqrt{\frac{960\,000}{5000}} = \sqrt{192} \backsim 14.$$

Da der kleinste gefährliche Wert von $\varkappa$ gleich 3 gefunden wurde, so folgt die grösste gefährliche Winkelgeschwindigkeit zu:

$$\omega' = 4^2/_3;$$

alle übrigen gefährlichen Werte von ω sind kleiner. Bei der normalen Fahrt auf der Strecke erreichen nun solche Lokomotiven eine Winkelgeschwindigkeit von etwas über 20, so dass also sämtliche gefährliche Geschwindigkeiten wirklich vorkommen. Jedenfalls werden sie beim Anfahren erreicht. Dort dauern sie aber nicht an und haben daher keine Zeit zu einer gefährlichen Steigerung der Schwingungen. Gelegentlich könnten sie sich auch beim Manövrieren auf Bahnhöfen für längere Zeit einstellen. Wenn das aber überhaupt der Fall ist, so lehrt die Erfahrung, dass die gaukelnden Bewegungen dabei doch keinen gefährlichen Betrag erreichen.

Es muss noch untersucht werden, welche wesentliche Bedeutung die gefährlichen Werte von $\varkappa$ haben. Dazu ist es nötig, die Zeiten für die Perioden der einzelnen Teilschwingungen zu berechnen, aus denen sich die ganze Bewegung des Galoppierens zusammensetzt. Bezeichnet man diese Zeiten mit t und dem Faktor von φ in Gleichung (36) als Index, so berechnet sich die Zeit für eine Umdrehung der Kurbeln aus:

$$\omega t_1 = 2\pi,$$

die übrigen Zeiten aus:

$$2\,\omega t_2 = 2\pi,\ \varkappa\omega t_\varkappa = 2\pi \text{ und } m\sigma\omega t_m = 2\pi.$$

Daraus folgt:

(51) $$t_1 = 2\,t_2 = \varkappa t_\varkappa = m\sigma t_m.$$

Die Faktoren der drei letzten Zeiten geben hiernach an, wie viel ganze Schwingungen der einzelnen Teilbewegungen auf eine Umdrehung der Triebachse kommen. Insbesondere $\varkappa$ hängt nach Gleichung (48) nur von Längen- und Massenverhältnissen der Lokomotive ab und von den elastischen Konstanten ε_1 und ε_2 der Federn.

Daher muss $t_\varkappa$ die Zeit einer ganzen Federschwingung beim Galoppieren sein, und die gefährlichen Werte von $\varkappa$ sind die, bei denen eine ganze Anzahl von Federschwingungen, aber doch nur 3, 5, 7 ... und 4, 8, 12, ... auf eine Umdrehung der Triebachsen kommen. Dann fallen die durch die Linealpressungen hervorgerufenen Kraftwirkungen stets auf die gleichen Phasen der Federschwingungen und verstärken diese immer wieder. Ist aber $\varkappa$ gross, so liegt zwischen je zwei solchen gleichartigen Antrieben eine grössere Anzahl von Schwingungen der Federn, und während dieser haben die Reibungswiderstände Zeit gehabt, die gaukelnden Bewegungen wieder zu verkleinern, so dass sie keinen gefährlichen Betrag erreichen können.

Weiter gehe ich auf diese Erörterungen hier nicht ein, da der Einfluss der Linealpressungen und der Zugkraft auf die gaukelnden Bewegungen schon in den eingangs aufgeführten Veröffentlichungen ausführlich untersucht worden ist. Ausserdem erscheinen auch meine Gleichungen in dieser Richtung nicht in ihrer allgemeinsten Gestalt.

§ 7. Einfluss der Schienenstösse auf das Galoppieren.

Setzt man zur Untersuchung dieses Einflusses ξ^2 nach Gleichung (22) in die Gleichungen (43) bis (46) ein und berücksichtigt Gleichung (18), so kommt man nach einfacher Umformung auf:

$$(52) \qquad \frac{E_m}{a_{1,m}} = \frac{F_m}{b_{1,m}} = \frac{G_m}{a_{2,m}} = \frac{H_m}{b_{2,m}} = \frac{1}{s_1 + s_2 - \frac{m^2 \sigma^2 J\omega^2}{\varepsilon_2 s_2}}.$$

Die Quotienten aus den Koefficienten der Reihen für ψ dividiert durch die Koefficienten je der gleich hohen Glieder der Reihen für die Vertikalbewegung der Achsen sind also konstant. Hieraus folgt zunächst, dass, soweit das Galoppieren von den Schienenstössen abhängt, die Teilwellen, aus denen es sich zusammensetzt, gegenüber den Teilwellen der Vertikalbewegung der Achsen nicht verschoben sind. Trotzdem verlaufen beide Arten von Bewegungen nicht gleichartig, weil sich der Wert der Quotienten in Gleichung (52) mit m in eigentümlicher Weise ändert.

Der ganze Radstand der Lokomotiven, $s_1 + s_2$, beträgt immer einige Meter; für das vorige Zahlenbeispiel waren es 2,8^m. Daher ist für $m = 0$:

$$\frac{E_0}{a_{1,0}} = \frac{1}{s_1 + s_2} < 1.$$

Die konstanten Glieder der abgeleiteten Reihen haben also das gleiche Vorzeichen, sind aber kleiner, als die der ursprünglichen Reihen. Dasselbe gilt auch noch für die Koefficienten der ersten Glieder der Reihen, nur nimmt der Zahlenwert des Quotienten mit m ununterbrochen zu, bleibt aber im allgemeinen doch kleiner als die Einheit. Sowie aber m den Grenzwert:

(53) $$m \equiv \mu = \sqrt{\frac{\varepsilon_2 s_2 (s_1 + s_2)}{\sigma^2 J \omega^2}} = \frac{\xi}{\sigma\omega \sqrt{J}}$$

überschritten hat, ändern die Quotienten ihr Vorzeichen bleibend, und ihr Zahlenwert nimmt mit wachsendem m immer rascher ab, um für:

$$m = \infty$$

ganz zu verschwinden. Man wird hieraus den Schluss ziehen dürfen, dass die Schienenstösse auf die galoppierende Bewegung gewöhnlich keinen besonders grossen Einfluss ausüben. Doch sind Ausnahmen möglich.

Eine dieser Ansnahmen scheint aufzutreten, wenn der Grenzwert μ in Gleichung (53) grade eine ganze Zahl wird. Für die Glieder mit:

$$m = \mu$$

verschwindet dann der Nenner auf der rechten Seite von Gleichung (52), und die zugehörigen Koefficienten werden:

$$E_\mu = F_\mu = G_\mu = H_\mu = \infty,$$

so dass es scheint, diese Teilschwingungen wären unendlich gross. Nun ist der Fall:

$$m = \mu$$

allerdings gefährlich, aber nicht aus dem hier entwickelten Grunde, denn es ist einer der Ausnahmefälle, für welche Gleichung (36) gar nicht das Integral der Differentialgleichung (35) ist. Diese Ausnahmefälle werden am Schlusse noch kurz besprochen werden.

Ist μ zwar keine ganze Zahl, aber doch nur verhältnismässig wenig von einer ganzen Zahl verschieden, so kann der Nenner in Gleichung (52) für den μ am nächsten gelegenen Wert von m immerhin sehr klein werden, auch bedeutend kleiner, als die Einheit. Dann müssen die diesem m zugehörenden Teilschwingungen in den Vordergrund treten. Doch bleiben die Koefficienten dieser Glieder gegenüber denen der ursprünglichen Reihen immer noch endlich, und da diese eigentlich unendlich klein vorausgesetzt worden sind, so ist anzunehmen, dass man es hier doch nicht mit gefährlich grossen Schwingungen zu thun habe.

Es muss noch untersucht werden, ob bei den Lokomotiven gewisse Konstruktionsverhältnisse vorhanden sind, durch welche der Einfluss der Schienenstösse auf das Galoppieren möglichst verkleinert wird. Bei den Fourier'schen Reihen nehmen die Zahlenwerte der Koefficienten mit wachsendem m im allgemeinen ab, wenn auch nicht stetig. Dazu kommt, dass, wenn m den Grenzwert μ überschritten hat, der Nenner in Gleichung (52) proportional mit dem Quadrat von m, also rasch wächst, so dass die Quotienten $E_m/a_{1,m}$ u. s. w. dann rasch abnehmen. Es ist daher zu erwarten, dass die Grösse des Ausschlagswinkels ψ namentlich von den ersten Gliedern der Reihen abhängt. Damit nun für diese die Koeffizienten E_m u. s. w. möglichst klein ausfallen, ist es nötig, s_1, s_2 und ε_2, also auch ε_1 gross, σ und J klein zu machen. Die Lokomotive sollte also grossen Radstand, starre Federn, kleine Triebräder gegenüber der Länge der Schienen und ein kleines Trägheitsmoment J in Bezug auf die horizontale Querachse erhalten.

Wenn μ nur wenig kleiner ist, als eine ganze Zahl, so wird der Zahlenwert des ersten negativen Nenners in Gleichung (52) klein. Die zugehörige Teilschwingung ist dann verhältnismässig gross und liefert den Hauptanteil an die galoppierende Bewegung. Soll nun diese Teilschwingung möglichst klein bleiben, so muss der Zahlenwert des Nenners, der jetzt:

$$\frac{m^2 \sigma^2 J \omega^2}{\varepsilon_2 s_2} - (s_1 + s_2)$$

ist, möglichst gross werden, und dazu wäre es nötig, σ und J gross, dagegen s_1, s_2 und die ε klein zu machen. Das ist aber

gerade das Gegenteil von dem, was vorhin für diese Grössen gefunden wurde.

Je nach dem Zahlenwerte von μ, je nachdem also die Lokomotive gerade mit grösserer oder kleinerer Geschwindigkeit fährt, erhält man hiernach zur Verkleinerung des Einflusses der Schienenstösse genau entgegengesetzte Forderungen. Es ist daher unmöglich, aus diesen Untersuchungen irgend welche Konstruktionsregeln herzuleiten.

§ 8. Ausnahmefälle.

Die bisherigen Entwickelungen über das Galoppieren der Lokomotiven hören auf zu gelten, sobald $\varkappa$ einen Zahlenwert annimmt, der als Faktor des Winkels φ auf der rechten Seite der Differentialgleichung (35) auftritt, also für:

$$\varkappa = 1 \text{ oder } 2 \text{ oder } m\sigma.$$

Für diese Werte von $\varkappa$ lassen sich die betreffenden Glieder mit den Gliedern:

$$C \cos \varkappa\varphi + D \sin \varkappa\varphi$$

zusammenziehen, und man erhält bei der Berechnung der Konstanten:

$$C = D = \infty,$$

während die übigen Konstanten ihre eindeutig bestimmten, endlichen Werte beibehalten. Dadurch verschwinden aber die von den Anfangsbedingungen abhängigen beiden Integrationskonstanten aus der Gleichung (36) für ψ, so dass diese Gleichung nicht mehr das vollständige Integral der Differentialgleichung (35) sein kann. Für alle diese Fälle muss vielmehr in dem Ausdrucke für ψ je ein Glied auftreten, das den Winkel φ als Faktor enthält.

Die Fälle $\varkappa = 1$ und $\varkappa = 2$ sind schon von Einbeck genauer untersucht worden. Es soll also hier nur ganz kurz erwähnt werden, was sich dabei ergiebt.

Für $\varkappa = 1$ tritt an die Stelle des Gliedes:

$$A (\cos \varphi + \sin \varphi)$$

in Gleichung (36) das Glied:

$$A \varphi (\sin \varphi - \cos \varphi).$$

C und D bleiben die beiden Integrationskonstanten. Sie ändern sich auch hier von Quadrant zu Quadrant, aber so, dass:

$$C_{n+4} = C_n + 4B, \quad D_{n+4} = D_n + 4B$$

wird. Beide Konstanten wachsen also nach jeder Umdrehung der Kurbel um je $4B$; $\varkappa = 1$ ist daher gefährlich.

Für $\varkappa = 2$ ist das mit B multiplizierte Glied durch:

$$B\varphi \sin n\frac{\pi}{2} \sin 2\varphi$$

zu ersetzen. Die beiden Integrationskonstanten C und D ändern sich auch nach jedem Quadranten, aber so, dass:

$$C_{n+4} = C_n, \quad D_{n+4} = D_n$$

wird. Hier hat man es also mit Schwingungen zu thun, die sich nach jeder ganzen Umdrehung der Kurbeln kongruent wiederholen, so dass $\varkappa = 2$ nicht gefährlich ist.

Eine ausführlichere Behandlung erfordert der Fall:

$$\varkappa = m\sigma,$$

weil es sich dabei um den sonst noch nicht untersuchten Einfluss der Schienenstösse auf das Galoppieren handelt. Der Wert von m, für den $\varkappa = m\sigma$ wird, soll auch mit μ bezeichnet werden. Um die Differentialgleichung (35) für diesen Fall integrieren zu können, muss man aus den Fourier'schen Reihen die Glieder mit:

$$m = \mu$$

ausscheiden. Der übrige Teil der Reihen soll dann kurz so bezeichnet werden, dass hinter dem Summationszeichen $(-\mu)$ als Index hinzugefügt wird. Es bedeutet also:

$$\sum_{m=0(-\mu)}^{m=\infty}{}'\left[\cdot\cdot\right] = \sum_{m=0}^{m=\mu-1}{}'\left[\cdot\cdot\right] + \sum_{m=\mu+1}^{m=\infty}{}'\left[\cdot\cdot\right].$$

Mit dieser Ausscheidung, und da in den ausgeschiedenen Gliedern $m\sigma$ durch $\varkappa$ ersetzt werden kann, schreibt sich die Differentialgleichung (35) auch:

$$(54)\quad J\omega^2 \frac{d^2\psi}{d\varphi^2} + \xi^2\psi = T(\cos\varphi + \sin\varphi) - U \sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi$$

$$+ 2\varepsilon_1 s_1 \left[a_{1,\mu}\cos\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + b_{1,\mu}\sin\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)\right]$$

$$- \varepsilon_2 s_2 \left[a_{2,\mu}\cos\varkappa(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + b_{2,\mu}\sin\varkappa(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)\right]$$

$$+ 2\varepsilon_1 s_1 \sum_{m=o(-\mu)}^{m=\infty}\Big[a_{1,m}\cos m\sigma(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)$$

$$+ b_{1,m}\sin m\sigma(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)\Big] - \varepsilon_2 s_2 \sum_{m=o(-\mu)}^{m=\infty}\Big[a_{2,m}\cos m\sigma(\delta_2$$

$$+ n\frac{\pi}{2} + \varphi) + b_{2,m}\sin m\sigma(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)\Big].$$

Das Integral dieser Gleichung ist:

$$(55)\quad \psi = A(\cos\varphi + \sin\varphi) - B\sin n\frac{\pi}{2}\sin 2\varphi + C\cos\varkappa\varphi$$

$$+ D\sin\varkappa\varphi + \varphi\Big[E_\mu\sin\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + F_\mu\cos\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)$$

$$+ G_\mu\sin\varkappa(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + H_\mu\cos\varkappa(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)\Big]$$

$$+ \sum_{m=o(-\mu)}^{m=\infty}\left[E_m\cos m\sigma(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + F_m\sin m\sigma(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)\right]$$

$$- \sum_{m=o(-\mu)}^{m=\infty}\left[G_m\cos m\sigma(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + H_m\sin m\sigma(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)\right].$$

Die beiden ersten Differentialquotienten von ψ werden:

$$(56)\quad \frac{d\psi}{d\varphi} = -A(\sin\varphi - \cos\varphi) - 2B\sin n\frac{\pi}{2}\cos 2\varphi$$

$$- \varkappa(C\sin\varkappa\varphi - D\cos\varkappa\varphi) + E_\mu\sin\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)$$

$$+ F_\mu\cos\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + G_\mu\sin\varkappa(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)$$

$$+ H_\mu\cos\varkappa(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + \varkappa\varphi\Big[E_\mu\cos\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)$$

$$- F_\mu\sin\varkappa(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi) + G_\mu\cos\varkappa(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi)$$

$$- H_\mu \sin \varkappa \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\Big]$$

$$- \sum_{m=0(-\mu)}^{m=\infty}{}' \left[m\sigma E_m \sin m\sigma \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) - m\sigma F_m \cos m\sigma \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$+ \sum_{m=0(-\mu)}^{m=\infty}{}' \left[m\sigma G_m \sin m\sigma \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) - m\sigma H_m \cos m\sigma \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

$$(57) \qquad \frac{d^2\psi}{d\varphi^2} = - A(\cos\varphi + \sin\varphi) + 4B \sin n\frac{\pi}{2} \sin 2\varphi$$

$$- \varkappa^2 (C \cos \varkappa\varphi + D \sin \varkappa\varphi) + 2\varkappa \Big[E_\mu \cos \varkappa \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

$$- F_\mu \sin \varkappa \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + G_\mu \cos \varkappa \left(\beta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

$$- H_\mu \sin \varkappa \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\Big] - \varkappa^2 \varphi \Big[E_\mu \sin \varkappa \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

$$+ F_\mu \cos \varkappa \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + G_\mu \sin \varkappa \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)$$

$$+ H_\mu \cos \varkappa \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\Big]$$

$$- \sum_{m=0(-\mu)}^{m=\infty}{}' \left[m^2\sigma^2 E_m \cos m\sigma \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + m^2\sigma^2 F_m \sin m\sigma \left(\delta_1 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right]$$

$$+ \sum_{m=0(-\mu)}^{m=\infty}{}' \left[m^2\sigma^2 G_m \cos m\sigma \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right) + m^2\sigma^2 H_m \sin m\sigma \left(\delta_2 + n\frac{\pi}{2} + \varphi\right)\right].$$

Setzt man die Werte von ψ und $d^2\psi/d\varphi^2$ aus den Gleichungen (55) und (57) in die Differentialgleichung (54) ein, so erhält man wieder eine Beziehung, die nur dann für alle beliebigen Werte von φ identisch erfüllt sein kann. wenn die Faktoren der cos und sin gleicher Winkel je gleich sind. Das giebt zur Berechnung der eingeführten Konstanten zunächst die ganze frühere Gleichungsgruppe (39) bis (46), nur dass in den vier letzten Gleichungen m nicht gleich μ gesetzt werden darf. An ihre Stelle treten für die aus den Fourier'schen Reihen ausgeschiedenen vier Glieder mit $m = \mu$ die vier Gleichungen:

$$(58)\qquad \begin{cases} J\omega^2\varkappa E_\mu = \varepsilon_1 s_1 a_{1,\mu}, \\ J\omega^2\varkappa F_\mu = \varepsilon_1 s_1 b_{1,\mu}, \\ 2J\omega^2\varkappa G_\mu = \varepsilon_2 s_2 a_{2,\mu}, \\ 2J\omega^2\varkappa H_\mu = \varepsilon_2 s_2 b_{2,\mu}. \end{cases}$$

Die mit φ multiplicierten Glieder heben sich bei diesem Einsetzen weg, was nötig ist, da die in ihnen auftretenden Koefficienten schon durch die Gleichungsgruppe (58) bestimmt sind. Aus allen Gleichungen lassen sich der Wert von $\varkappa$ und alle eingeführten Koefficienten mit Ausnahme der beiden C und D eindeutig berechnen, so dass Gleichung (55) das vollständige Integral der Gleichung (54) ist.

Für $\varkappa$ erhält man den alten Wert aus Gleichung (47), und da $\varkappa = \mu\sigma$ vorausgesetzt wurde, so folgt:

$$(59)\qquad \mu = \frac{\varkappa}{\sigma} = \frac{\xi}{\sigma\omega\sqrt{J}}.$$

Das ist aber der schon in Gleichung (53) eingeführte Grenzwert von m, der nur hier eine ganze Zahl werden muss.

Die beiden Integrationskonstanten C und D müssen wieder für jeden Quadranten frisch bestimmt werden. Das geschieht, wie früher, aus der Bedingung, dass sich die Werte von ψ und $d\psi/d\varphi$ beim Uebergange von einem Quadranten zum folgenden nicht ändern. Man erhält zunächst allgemein:

$$C_{n+1} = C_n \cos\varkappa\frac{\pi}{2} + D_n \sin\varkappa\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}\Big[E_\mu \sin\varkappa\left(\delta_1 + \frac{n+1}{2}\pi\right) + F_\mu\cos\varkappa\left(\delta_1 + \frac{n+1}{2}\pi\right) + G_\mu\sin\varkappa\left(\delta_2 + \frac{n+1}{2}\pi\right) + H_\mu\cos\varkappa\left(\delta_2 + \frac{n+1}{2}\pi\right)\Big],$$

$$D_{n+1} = -C_n\sin\varkappa\frac{\pi}{2} + D_n\cos\varkappa\frac{\pi}{2} - \frac{2}{\varkappa}A + \frac{2}{\varkappa}B\left(\sin\frac{n}{2}\pi + \sin\frac{n+1}{2}\pi\right) + \frac{\pi}{2}\Big[E_\mu\cos\varkappa\left(\delta_1 + \frac{n+1}{2}\pi\right) - F_\mu\sin\varkappa\left(\delta_1+\frac{n+1}{2}\pi\right) + G_\mu\cos\varkappa\left(\delta_2 + \frac{n+1}{2}\pi\right) - H_\mu\sin\varkappa\left(\delta_2 + \frac{n+1}{2}\pi\right)\Big].$$

Wenn man in beiden eckigen Klammern die cos und sin der Summen auflöst und die kürzeren Bezeichnungen:

$$(60)\quad \begin{cases} K \equiv \frac{\pi}{2}\Big[E_\mu \sin\varkappa\left(\delta_1+\frac{\pi}{2}\right)+F_\mu\cos\varkappa\left(\delta_1+\frac{\pi}{2}\right) \\ \qquad +G_\mu\sin\varkappa\left(\delta_2+\frac{\pi}{2}\right)+H_\mu\cos\varkappa\left(\delta_2+\frac{\pi}{2}\right)\Big], \\ L \equiv \frac{\pi}{2}\Big[E_\mu\cos\varkappa\left(\delta_1+\frac{\pi}{2}\right)-F_\mu\sin\varkappa\left(\delta_1+\frac{\pi}{2}\right) \\ \qquad +G_\mu\cos\varkappa\left(\delta_2+\frac{\pi}{2}\right)-H_\mu\sin\varkappa\left(\delta_2+\frac{\pi}{2}\right)\Big], \end{cases}$$

einführt, so folgt für den Zusammenhang der Integrationskonstanten:

$$(61)\quad \begin{cases} C_{n+1}=C_n\cos\varkappa\frac{\pi}{2}+D_n\sin\varkappa\frac{\pi}{2}+K\cos n\frac{\pi}{2}+L\sin n\frac{\pi}{2}, \\ D_{n+1}=-C_n\sin\varkappa\frac{\pi}{2}+D_n\cos\varkappa\frac{\pi}{2}-\frac{2}{\varkappa}A \\ \qquad +\frac{2}{\varkappa}B\left(\sin\frac{n}{2}\pi+\sin\frac{n+1}{2}\pi\right)-K\sin n\frac{\pi}{2}+L\cos n\frac{\pi}{2}. \end{cases}$$

Diese Ausdrücke stimmen in ihren ersten Teilen mit den in den Gleichungen (50) für den allgemeinen Fall gefundenen überein, dazu kommen aber hier noch die Glieder mit K und L. Geht man nun wieder von dem Quadranten mit der Ordnungsnummer $n=0$ aus und sieht für ihn C_0 und D_0 als bekannt an, so folgt:

$$(62)\quad \begin{cases} C_n=C_0\cos n\varkappa\frac{\pi}{2}+D_0\sin n\varkappa\frac{\pi}{2} \\ \qquad -\frac{2}{\varkappa}A\left[\sin\varkappa\frac{\pi}{2}+\sin 2\varkappa\frac{\pi}{2}+\cdots+\sin(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}\right] \\ \qquad +\frac{2}{\varkappa}B\left[\sin(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}+\sin(n-2)\varkappa\frac{\pi}{2}-\cdots\pm\sin\varkappa\frac{\pi}{2}\right] \\ \qquad +n\left[K\cos(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}+L\sin(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}\right]. \\ D_n=-C_0\sin n\varkappa\frac{\pi}{2}+D_0\cos n\varkappa\frac{\pi}{2} \\ \qquad -\frac{2}{\varkappa}A\left[1+\cos\varkappa\frac{\pi}{2}+\cos 2\varkappa\frac{\pi}{2}+\cdots+\cos(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}\right] \\ \qquad +\frac{2}{\varkappa}B\left[\cos(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}+\cos(n-2)\varkappa\frac{\pi}{2}-\cdots\pm\cos\varkappa\frac{\pi}{2}\pm 1\right] \\ \qquad -n\left[K\sin(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}-L\cos(n-1)\varkappa\frac{\pi}{2}\right]. \end{cases}$$

Ueber den Vorzeichenwechsel in den mit B multiplizierten eckigen Klammern gilt das Gleiche, wie früher für die Gleichungen (50).

In den neu hinzugekommenen Gliedern mit K und L schwankt der Zahlenwert der eckigen Klammern für die verschiedenen Quadranten zwischen:

$$\pm\sqrt{(K^2+L^2)}.$$

Da aber noch die Ordnungsnummer n des Quadranten als Faktor dieser Glieder auftritt, so nehmen sie doch im Mittel mit n zu. Daher müssen auch die Integrationskonstanten C_n und D_n schliesslich bis ins Unendliche wachsen, so dass der Fall $\varkappa = m\sigma$ als gefährlich zu bezeichnen ist.

Es wäre auch möglich, dass $\varkappa = m\sigma$ gleichzeitig 1 oder 2 werden könnte. Das hätte den gleichen Einfluss, wie wenn $\varkappa = 1$ oder 2, aber $\varkappa \gtreqless m\sigma$ wäre. Im Integral würden dann zwei Glieder auftreten, die φ als Faktor enthalten, ausser dem in Gleichung (55) schon vorhandenen noch:

$$A\varphi\,(\sin\varphi - \cos\varphi) \text{ oder } B\varphi \sin n\frac{\pi}{2} \sin 2\varphi.$$

Bei C_n und D_n würden aber die Glieder mit K und L ungeändert bleiben, so dass dieser Fall auch gefährlich wäre.

Vervollständigt man die Gleichungen (51) für die Zeiten der Teilschwingungen noch für den Grenzwert $m = \mu$, so wird:

$$(63)\qquad t_1 = \varkappa t_\varkappa = \mu\sigma t_\mu.$$

Und da hier ausdrücklich $\varkappa = \mu\sigma$ vorausgesetzt ist, so folgt es als gefährlich, wenn die Zeit $t_\varkappa$ für eine Federschwingung gleich wird der Zeit t_μ für eine Teilschwingung der durch die Schienenstösse veranlassten Vertikalbewegung der Achsen und Räder. Dabei muss:

$$(64)\qquad \mu = \frac{\varkappa}{\sigma}$$

eine ganze Zahl sein. Nun giebt $\varkappa$ an, wieviel ganze Schwingungen der Federn beim Galoppieren auf eine Umdrehung der Triebräder kommen, während σ die Anzahl der Schienenlängen bedeutet, um welche die Lokomotive auch bei jeder Umdrehung der Triebräder vorrückt. Der Quotient $\varkappa/\sigma$ ist daher die Anzahl der Federschwingungen zwischen dem Uebergange eines Rades über zwei

benachbarte Schienenstösse. Und die letzten Entwickelungen zeigen, dass der Ausschlag des Galoppierens dann im Mittel ununterbrochen zunimmt, wenn die Schienenstösse stets nach einer ganzen Anzahl von Federschwingungen auftreten, wenn sie also immer auf die gleiche Phase der Schwingungen treffen.

Zum Eintritte eines solchen gefährlichen Ganges ist eine bestimmte Winkelgeschwindigkeit der Triebachsen nötig, die sich für die schon früher zahlenmässig untersuchte Lokomotive folgendermassen findet: Ihre Triebräder haben einen Durchmesser von 1,58^m, somit einen Umfang von 4,9637^m. Rechnet man die Schienenlänge zu 12 bis 18^m, wie sie neuerdings bei den preussischen Staatsbahnen ausgeführt wird [1]), so folgt:

$$\sigma = 4{,}9637/12 \text{ bis } 4{,}9637/18 = 0{,}4136 \text{ bis } 0{,}2758,$$

und damit berechnet sich die gefährliche Winkelgeschwindigkeit nach Gleichung (59) zu:

$$\omega = \frac{33{,}50}{\mu} \text{ bis } \frac{50{,}25}{\mu},$$

also zu 33,50 bis 50,25 oder einem ganzen Bruchteile dieser Zahlen. Am gefährlichsten ist dabei natürlich der Wert für $\mu = 1$, weil dann auf jede Federschwingung ein Schienenstoss kommt. Wiederholt sich der Stoss dagegen für $\mu > 1$ erst nach mehreren Schwingungen, so werden die Ausschläge dazwischen durch die Widerstände wieder verkleinert, und das um so mehr, je grösser μ ist. Die untersuchte Lokomotive fährt nun mit einer normalen Winkelgeschwindigkeit von etwas über 20. Bei bestimmter Schienenlänge kann also bei dieser Lokomotive die gefährliche Geschwindigkeit für $\mu = 2$ längere Zeit andauern, so dass sich das Galoppieren gelegentlich stärker ausbilden könnte.

Die Untersuchungen über das Galoppieren, so weit es von den Schienenstössen abhängt, gelten nicht nur für die Lokomotiven, sondern auch für alle übrigen Eisenbahnfahrzeuge, nur haben bei diesen die massgebenden Grössen andere Zahlenwerte. Gegenüber den Lokomotiven ändern sie sich aber gegenseitig so, dass man gefährliche Geschwindigkeiten von ähnlicher Grössenordnung zu

---

1) Stahl und Eisen, 1896, Seite 9.

erwarten hat. Nun giebt es in der That Eisenbahnfahrzeuge, deren Oberbau auf gewissen Strecken bei bestimmten Fahrgeschwindigkeiten in sehr starke Schwingungen gerät, die man nur dem Einflusse der Schienenstösse zuschreiben kann. Bei einer ganz geringen Aenderung der Geschwindigkeit läuft der Wagen aber sofort wieder ruhig. Doch stellen sich die stärkeren Schwingungen nur bei einer grossen Geschwindigkeit ein, also bei einem kleinen Werte von μ, während man bei grösserem μ keine stärkeren Schwingungen beobachtet.

Aehnliches hat man auch bei den Lokomotiven zu erwarten, und man wird daher als hauptsächlichste gefährliche Geschwindigkeit die für $\dot{m} = \dot{\mu} = 1$ ansehen müssen, also nach Gleichung (53):

$$(65) \qquad \omega_g = \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{\varepsilon_2 s_2 (s_1 + s_2)}{J}}.$$

Um eine Gefahr zu beseitigen, muss man die Lokomotive so anordnen, dass die normale Winkelgeschwindigkeit $\omega_n \gtrless \omega_g$ wird. Da aber die Maschine auch gelegentlich anhaltend mit unternormalen Geschwindigkeiten fahren kann, so ist es sicherer $\omega_n < \omega_g$ zu halten, oder nach Gleichung (65):

$$(66) \qquad \frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{\varepsilon_2 s_2 (s_1 + s_2)}{J}} > \omega_n$$

zu machen. Das wird aber um so leichter gehen, je grösser der Radstand, je stärker die Federn, je länger die Schienen gegenüber den Triebraddurchmessern und je kleiner das Trägheitsmoment J der Lokomotive genommen werden. Ein kleineres J müsste durch Vergrösserung des Kesseldurchmessers und dafür Verkürzung des Kessels erreicht werden. Man erhält also keine eigentlichen Konstruktionsregeln, sondern nur Grenzbedingungen.

Die vorstehenden Entwickelungen bestätigen auch für den Einfluss der Schienenstösse das, was schon Zeuner über die Untersuchungen der gaukelnden Bewegungen der Lokomotiven gesagt hat: dass sie keine für die praktische Anwendung wichtigen Ergebnisse liefern. Nachweisbar ist eigentlich nur das Vorhandensein unendlich vieler sogenannter gefährlicher Geschwindigkeiten, bei denen die Schwingungen, abgesehen von den Widerständen,

ununterbrochen zunehmen und schliesslich bis zu einem hohen Betrage anwachsen könnten. Diese gefährlichen Geschwindigkeiten treten dann auf, wenn die Zeit für eine Federschwingung gleich oder ein ganzes Vielfaches von der Zeit ist, die eine Achse für das Durchfahren einer Schienenlänge nötig hat. Dass solche Geschwindigkeiten gefährlich sind, erscheint aber auch ohne Rechnung als selbstverständlich. Ebenso müsste man allerdings auch erwarten, dass alle ganzzahligen Werte von $\varkappa$ gefährlich wären. Es ist auffallend, dass bei den Werten von $\varkappa$, die das doppelte einer ungeraden Zahl sind, keine Zunahme der Schwingungen eintritt.

Eigentliche Konstruktionsregeln, die man bei den Lokomotiven einhalten müsste, um den Einfluss der Schienenstösse auf die gaukelnden Bewegungen möglichst zu verkleinern, liessen sich aus den Entwickelungen nicht herleiten, sondern nur gewisse Grenzbedingungen.

Dagegen zeigen die vorstehenden Untersuchungen, dass man ganz wohl im stande ist, die Schienenstösse analytisch zu berücksichtigen. Man muss nur die Auffassung verlassen, dass es sich dabei um Kraftwirkungen handle, die gar keine Zeitdauer haben. Solche Kraftwirkungen könnten, wenn sie, wie in Wirklichkeit immer, endlich bleiben, bei einer endlichen Masse überhaupt keine Bewegungsänderung hervorbringen. Dazu sind vielmehr Kraftwirkungen von endlicher Zeitdauer nötig. Die den vorstehenden Entwickelungen zu Grunde liegenden Anschauungen stehen auch durchaus im Einklange mit den sonst bei den Untersuchungen über den vollkommen elastischen Stoss üblichen, wonach der gegenseitige Druck zwischen zwei zusammenstossenden Körpern und ihre durch ihn hervorgerufenen Gestaltsänderungen von Null beginnend stetig bis zu einem gewissen endlich bleibenden Maximum wachsen, um darauf wieder stetig bis Null abzunehmen. Solche stetige Aenderungen sind aber der analytischen Behandlung zugänglich.

Zürich, März 1896.

Revision der Formenreihe des Clypeaster altus.

Von

C. Mayer-Eymar.

Während die meisten Seeigel bekanntlich nur in geringem Grade variieren und die guten Arten daher, bei aller Aehnlichkeit innerhalb der Gattung, meistenfalls unschwer unterschieden werden können, giebt es doch auch bei dieser Tierklasse einzelne Species, welche in jener Beziehung eine Ausnahme bilden, was wohl zunächst mit ihrer grossen Häufigkeit zusammenhängen dürfte. Philippi citiert als Beispiele dieser grossen Variabilität bei einzelnen Echinoiden, den recenten Echinus melo und den neogenen und recenten Echinocyamus pusillus. Ich kann hinzufügen meinen Pygorhynchus abundans, aus dem unteren Suessonian von Assuan und den Conoclypeus Bouei oder anachoreta, aus dem unteren Parisian der Alpen.

Diese Gestaltmodifikationen bei genannten Seeigelarten erscheinen indessen immerhin als unbedeutend gegenüber denjenigen, welche einige Arten aus der mitteltertiären Gruppe des Clypeaster altus und namentlich gerade dieser Typus, darbieten. Es zeigen hier in der That die meisten Species eine solche Veränderlichkeit der wichtigeren Merkmale, auser derjenigen der Unterseite, dass kaum zwei Individuen in Beziehung auf diese genau übereinstimmen und dass schliesslich alle im Helvetian II, B. beisammen liegenden grossen Arten durch Uebergänge teils intim, teils sehr wahrscheinlich verbunden erscheinen, was hinwieder mit ihrer beschränkten Verbreitung in zeitlicher Beziehung ganz auffallend übereinstimmt. Zu dieser unerwarteten Erkenntnis hat mich jüngst geführt die bei Anlass der Verfertigung eines Verzeichnisses der Fauna des Saharian der Umgegend von Kairo vorgenommene Revision des

gegenwärtig auf den Zürcher Sammlungen vorhandenen Materials (fünfundsiebenzig Exemplare) von Clypeastern aus genannter Gruppe, mit Hülfe der beinahe vollständigen und völlig genügenden Litteratur über den Gegenstand. Die bezüglichen Thatsachen sind aber so interessant, das heisst in stratigraphischer wie in zoologischer Beziehung so neu, dass ich mich beeile, die günstige Gelegenheit der Versammlung der schweizerischen geologischen Gesellschaft zu benutzen, um sie nachzuweisen und bekannt zu machen.

Doch bevor ich zur Vorweisung meines Beweismaterials schreite, wird es gut sein, ein Wort über die betreffende Litteratur vorangehen zu lassen, denn es liegt leider darin so viel wissenschaftlicher Quark, so zu sagen, dass erst die Wegräumung dieses den behandelten Stoff klar zu sehen erlaubt. So ersehen wir denn zunächst aus der Vergleichung der Abbildungen und Citate, dass wenigstens Agassiz, Desor, Philippi und Michelin, von anderen Autoren abgesehen, den echten Cl. altus Leske's misskannt und eine selten mit ihm eng verbundene Form oder Subspecies als Typus der Art angenommen haben. Wir konstatieren leicht, dass Philippi (in Palaeontographica, Bd. 1) diesen hohen, unechten altus irrtümlicherweise für den flachen Cl. Scillai gehalten hat. Wir finden dann, dass derselbe Philippi, bei Bestimmung von elf Individuen aus der besprochenen Gruppe, alle vom Helvetian II, B-Fundorte Monteleone [1]), zwar die kombinierte Variabilität des Unterrandes, was dessen Umriss, Dicke, Flachheit oder Steilheit betrifft, der relativen Höhe des Körpers und der Höhe, Breite und Oeffnung der Fühlergänge dieser Schalen, erkannt, hingegen die Nähe oder merkliche Entfernung der Genitalporen von der Scheitelplatte mit Unrecht für bezeichnend gehalten hat. Wir erkennen ferner, dass Desor (Synopsis des Echinides fossiles, 1858), uneingedenk der Bemerkungen Philippi's, eine Menge (nicht weniger als zehn von seinen sechzehn aufgeführten) Arten aus unserer Gruppe auf solche leichtere Modifikationen der Schalengestalt hin, zum Teil durch den Versteinerungsprozess bedingt, beibehalten oder gegründet hat, nicht zu reden von der Versetzung eines echten Clypeaster unter zwei Speciesnamen in die Gattung

---

[1]) Seguenza, Formaz. terz. della prov. di Reggio-Calabria. Messina, 1877.

Sismondaea. Was müssen wir aber erst von des alten Michelin's Monographie der Gattung Clypeaster (in Mém. de la Soc. géol. de France, 1861) denken und sagen! Wir müssen mit Bedauern daraus ersehen, wie die Komplikation zur peinlichen Genauigkeit, bei einem Korallen-Specialisten und gewesenen Mitgliede des französischen Rechnungshofes, von durch das Alter geschwächter Urteilskraft, eine Arbeit bedingt hat, worin nicht nur die Artenspalterei einen seltenen Grad erreicht und die Gruppierung der Species eine ganz unwissenschaftliche ist, sondern auch, bei schablonenmässigen Beschreibungen, eine wahrlich kindische Beschäftigung mit ganz unwesentlichen Merkmalen der Schalen sich auf jeder Seite breit macht.

Doch auch in Beziehung auf die Fundorte und deren stratigraphischen Niveaux zeichnet sich die Clypeaster-Litteratur ganz besonders zu ihrer Ungunst aus. Nicht nur, in der That, dass bei vielen Arten ganz falsche Fundorte (Capraja, Nizza, Palermo, Savona, San Miniato) oder höcht vage solche (Kreta, Morea, Piemont, Sicilien, Ungarn) angegeben werden, sondern es werden, speciell von Michelin, noch 1861, so verschieden alte Lagerstätten, wie Priabona, Dego und Schio, Turin und Dax, in den gleichen Topf geworfen, die meisten Fundorte aber einfach als miocäne bezeichnet, während doch fast alle einem ganz bestimmten Niveau angehören.[1])

* * *

Die Formenreihe des Cl. altus besteht, genau genommen, aus zweierlei Typen von wahrscheinlich verschiedener Abstammung,

---

[1]) Es erweist sich in der That, dass keine Art der Gruppe in die vier obersten Tertiärstufen, das Messanian, das Astian, das Sicilian und das Saharian, hinaufreicht, indem die Citate Nizza, Savona etc. sich offenbar auf Helvetian II, B-Fundorte (Vence?, Finale?) der Umgegend dieser Städte beziehen. Was aber die Lokalität drei Kilometer südlich von den Pyramiden von Gizeh, welche ich hiemit Garet Loriol taufe, betrifft, so beweisen die Thatsachen, dass dieser Hügel einsam, hinten in einer kleinen Ausbuchtung des Nilthales liegt, während das marine Saharian als Böschung dem Thalrande nach streicht: dass er neben Clypeastern nur den für das Helvetian II bezeichnenden Echinolampas hemisphaerius, und zwar nicht selten, führt, und dass, drittens, in diesem Hügel, genau wie in den europäischen Hauptfundorten für unsere Clypeaster, fast alle grossen Arten und Varietäten beisammen liegen, — es beweist dies alles, dass dieser wegen des massenhaften Vorkommens und der vortrefflichen Erhaltung der Individuen geradezu klassische Clypeaster-Fundort ebenfalls dem obersten Helvetian angehört.

nämlich aus den flachen Formen, mit konkaver Unterseite oder weitem Peristom und dickem Schalenrande, offenbar Umwandlungen irgend einer Sismondaea, und den Arten mit gewölbter Schale und engem Peristom, bei flacher Unterseite, fraglich Nachkommen einer Scutellina. Es sind diese zwei Typen indessen durch Form-Annäherung (Cl. Michelottii und Cl. altus var. subpyramidalis), Uebergänge, wenn auch vielleicht nur infolge Kreuzungen zwischen Cl. Scillai und Cl. altus, sowohl var. campanulata als var. subpyramidalis, und Erweiterung des Peristoms bei Cl. tauricus, so intim verbunden, dass es unlogisch erscheint, beide, von den anderen Formenreihen wohl getrennte Typen, als zwei verschiedene Gruppen zu behandeln.

Die annoch älteste europäische Art der Formenreihe, Cl. placenta Michelottii, ist naturgemäss bei ihrem ersten Auftreten auch die kleinste, indem ihre Länge zuerst um die sechs Centimeter schwankt. Sie tritt, so viel ich weiss, erst im oberen Bartonian (den Orbitoïden- oder Bryozoen-Mergeln), sowohl bei Budapest (Zürich, h. 666) als bei Vicenza (Montecchio-Maggiore, Sant-Urbano, Val Sardina bei Lonigo) (h. 665, 678, 679) und wahrscheinlich bei Interlaken (Ooster, Echin. Alp. suiss., Taf. 11, Fig. 3) auf. Sie findet sich, ebenfalls nicht selten, im oberen Ligurian zu Dego oberhalb Savona (h. 664), um, etwas grösser geworden (Michelin, Taf. 17, Fig. 2), im oberen Tongrian, den sogen. Schio-Schichten, des Vicentino auszusterben. Nach reiflicher Prüfung nun, das heisst nach genauer Vergleichung der vorliegenden sechs Exemplare und zwei Agassiz'schen Abgüssen, mit den Abbildungen bei Laube, Michelin, Ooster, von Pávay und Schauroth, und den Beschreibungen und Bemerkungen, welche diese Autoren publiziert haben, bin ich zum ganz sicheren Schlusse gekommen, dass wenigstens folgende, fast alle als Unica beschriebene Arten einzuziehen und in die Synonymik von Cl. placenta zu stellen seien: 1. Cl. Corvini Pávay (verdrückt); 2. Sismondaea maxima Des. (verdrückt) (h. 679); 3. Lagena profunda Ag. = Sismondaea profunda Des. (Agas., P. 25 = h. 679; Ooster, Taf. 11, Fig. 3); 4. Clypeaster Breunigi Laube (Bartonian II); 5. Cl. Michelini Laube (Tongrian II) und 6. Cl. scutum Laube (Tongrian II). Die erst so richtig verstandene Art hat daher folgende specifische Merkmale: Die Kleinheit im Bartonian und wohl auch im Ligurian (h. 664);

die vom Rande ausgehende Konkavität der Unterseite; den dicken, flachen, gerne verbogenen Schalenrand; die geringe und mittlere Wölbung der Oberseite; endlich die flachen, im Mittelteile schmalen, sehr offenen Ambulacren. Sonst variiert sie, ganz wie Cl. Scillai, von Individuum zu Individuum, was die Dicke der Schale und ihres Randes und was die Deutlichkeit seines pentagonalen Umrisses betrifft. Letzteres ist aber der Fall bei allen Arten der Gruppe.

Aeusserst nahe verwandt mit Cl. placenta, ja genau genommen nur eine subtropische Subspecies davon, ist Cl. depressus Sow. (Desor, Syn., p. 244), aus dem Eocän, höchst wahrscheinlich dem Bartonian, von Indien. Einziger Unterschied, wenn konstant und wenn die Abbildungen nicht trügen, die kürzeren, weniger offenen Petalen. Dass Cl. profundus Arch. (Mich., Taf. 16, Fig. 3) und wahrscheinlich Cl. oblongus Sow. nur leichte Varietäten dieser Art seien, hat schon Desor (Syn., p. 244) vermutet und bin ich sehr überzeugt.

Als eine gute Art dagegen muss Cl. Michelottii Ag., deren Hauptlager das obere Tongrian von Vicenza ist, zweifelsohne angesehen werden. Gerne ebensogross als der mitvorkommende Cl. placenta, und natürlich ebenfalls sehr veränderlich, was die Deutlichkeit des pentagonalen Umrisses betrifft, unterscheidet er sich ziemlich stark von jenem durch seine dem Rande nach ebene Unterseite, durch seinen weniger dicken, gleichmässig ansteigenden Schalenrand und durch die erhabenen, wenn auch im Mittelfelde noch etwas flachen, am Ende weniger offenen Ambulacren. Durch diese Merkmale nähert er sich denn deutlich den breitgewölbten Individuen des Cl. altus, var. subpyramidalis. Wenn, wie ich stark vermute, Cl. Haalensis Arch. (Mich., Taf. 16, Fig. 2) zur gleichen Art gehört, so beginnt sie in Indien wahrscheinlich ebenfalls im Bartonian, was um so eher anzunehmen ist, als sie auch (natürlich aus der Echinoïden-Schicht, gleich Bartonian II) von Priabona citiert wird. Nach dem vorliegenden Bruchstücke (h. 697) von Casinelle, zu urteilen, kommt sie wahrscheinlich auch im oberen Ligurian Piemonts vor. Um Vicenza aber (zu Bocca d'oro, Castello bei Schio, Lavene bei Thiene, Malo, San Michele bei Bassano etc.) bildet sie im oberen Tongrian eine ganze Bank, worin Cl. placenta nur eine untergeordnete Rolle spielt, da Cl. regulus Laube (Taf. 3, Fig. 3) offenbar nur eine leichte Varietät von ihr ist.

Dass Michelin (Taf. 34, Fig. 1) eine Varietät von Cl. Scillai, wohl ein Bastardindividuum von Cl. altus, var. campanulata, mit unserer Art vermengt hat, liegt auf der Hand, weil Cl. Michelottii nie so gross, so hoch gewölbt und oben so flach wird. Die Art kommt also annoch nicht höher als das obere Tongrian vor.

Näher verwandt mit Cl. placenta scheint nun Cl. Scillai, die drittälteste Art der Gruppe zu sein. Ausgezeichnet, nicht sowohl durch ihre Grösse — denn diese variiert ungemein — als durch ihren weiten, trichterförmigen Peristom, ihren noch ziemlich dicken, flachen Rand, sowie ihre Flachheit, zeigt sie sich sehr veränderlich punkto Umriss und punkto Höhe und Breite der Fühlergänge. Auf solche unwesentliche Modifikationen wurden denn Cl. crassicostatus, Cl. crassus und Cl. intermedius gegründet, während ein Blick auf die vorliegenden zwanzig Exemplare der Art (h. 680—693) genügt, um ihre specifische Einheit zu konstatieren.

Cl. Scillai erscheint glaubwürdigerweise entweder im oberen Ligurian oder im unteren Tongrian von Dego. Er findet sich dann ebenso selten im (unteren?) Aquitanian von Léognan bei Bordeaux. Während er im Helvetian I der Touraine zu Manthelan (h. 682) eine grosse Seltenheit ist, war er seiner Zeit im gleichen Niveau, im Rio della Batteria bei Turin ziemlich häufig (h. 683). Wo er im Helvetian II, A fortexistiert haben mag, ist bis dato unbekannt. Dafür aber ist er im Helvetian II, B (dem Niveau von Salles, St. Gallen und des unteren Leithakalkes) auf einmal ungemein verbreitet und nach Cl. Michelottii wohl die häufigste Art der Gruppe.

Neben den citierten leichteren Varietäten dieses Cl. Scillai finden sich nun aber, wie gesagt, ziemlich oft, so bei Turin und im Helvetian II, B der Provence, Individuen, welche bei etwelcher Verengerung des Peristoms und leichter Aufbauschung der Ambulacrengegend, eine Annäherung an Cl. altus, sowohl var. subpyramidalis (h. 684, 691, 693) als an Cl. altus, var. campanulata (h. 632), (Michelin, Taf. 31, Fig. 1; Taf. 34, Fig. 1) aufweisen. Diese Individuen können nicht wohl anders denn als Bastarde beider Arten betrachtet werden.

Ich bin nun zum interessantesten Teile meiner Mitteilung und Vorweisungen gelangt, nämlich zur Betrachtung des Namen-

gebers der Gruppe, Cl. altus Leske (Echinanthus), mit seinen zwei Subspecies campanulatus und subpyramidalis. Die Art, und nach meinem Dafürhalten sehr wahrscheinlich die Varietät subpyramidalis, wird von Michelotti sowohl aus dem Ligurian II (wenn nicht dem Tongrian I) von Dego, als aus dem Helvetian I von Turin citiert. Michelin dann erwähnt sie aus der Umgegend von Bordeaux, wie aus derjenigen von Dax, und in der That dürfte sie im Helvetian II, A, sowohl zu Martignas als zu Narrosse etc. vorkommen. Erst im Helvetian II, B indessen wird die Art verbreitet und häufig, und bildet sie mit ihren zwei Hauptvarietäten die dritthäufigste Art der Gruppe. Dass auch hier, entgegen Philippi's und Michelin's Angaben, die fünf Genitalporen meistenfalls hart an der Scheitelplatte liegen, zeigen vorliegende acht Individuen (h. 631 und 633), sowie ja Philippi's Abbildung (Palaeontogr., Bd. I, Taf. 38) sehr deutlich. Während nun der Leske'sche Typus (Taf. 53, Fig. 9, der Additamenta, 1778, gleich campanulatus Schl., gleich aegyptiacus Whr. Mich., Taf. 24) an seinem mehr oder weniger flachen Rande und seinem mehr oder weniger glockenförmigen Oberkörper fast immer leicht erkennbar ist und, wie gesagt, selten zu Cl. Scillai, ebenso selten aber zu Cl. gibbosus hinneigt, variiert der von Scilla (De Corpor. marin., Taf, 9), von Philippi (Taf. 38, 39 und 40) und von Michelin (Taf. 25) abgebildete altus, var. subpyramidalis M.-E., bei gleicher, flacher Unterseite, gleichem engen Peristom und gleichen etwas veränderlichen Ambulacren wie der Typus, was die allgemeine Wölbung der Schale und die Abflachung der Scheitelregion betrifft, geradezu ungemein. Es geht so diese Subspecies allmählich und, wie es scheint, nicht gar selten, einerseits durch Zunahme der Höhe und entsprechende Verlängerung der Ambulacren (h. 634; Agass., S. 93) zu Cl. portentosus, andererseits durch verschiedene Grade der Abflachung der Scheitelregion und der Anschwellung der Interambulacren (Agas., 56; h. 639, 641, 674) zu Cl. gibbosus, dritterseits durch fast regelmässige, aber mässige Wölbung, in eine dem Cl. Olisiponensis Mich. (Taf. 29, Fig. 1, Unicum!) nahestehende Mutation (h. 642; drei Exemplare, gleich Cl. imperialis Mich., Taf. 18, Fig. 2), vierterseits durch helmförmige Anschwellung (h. 635) zu Cl. Reidi Whr. (Mich., Taf. 26, Unicum!), fünfterseits endlich durch die stärkere Ausrandung der Basis, bei offeneren

Ambulacren als gewöhnlich und Hervorragen ihrer Mitte, in eine dem typischen Exemplare des Cl. tauricus Des. (Mich., Taf. 10 und 11, Unicum!) sich sehr nähernde, nur kleinere, etwas höhere Form, mit normal kleinem Peristom (h. 636) über. Dies alles lässt sich — man denke! — schon mit alleiniger Hülfe von achtzehn der vorliegenden Clypeaster und der Abbildungen sicher genug erkennen. Wie müsste denn erst dieser Nachweis patent werden, wenn ein Vergleichungsmaterial von hundert Exemplaren des Cl. altus zusammengebracht würde!

Angesichts dieser starken Form-Veränderlichkeit des Cl. altus möchte ich denn nur provisorisch als eigene Art betrachten Agassiz' Cl. latirostris, wovon ausser den Abbildungen bei Scilla (Taf. 10, Fig. 2), Leske (Taf. 40, Fig. 1 und Taf. 41, Fig. 1) und Michelin (Taf. 15, Fig. 2), ein typisches Exemplar, von Bia bei Budapest, (h. 660) vorliegt. Diese Form dürfte nämlich nur ein flachgewölbter Cl. altus, var. subpyramidalis sein. Sie stimmt andererseits so sehr mit Cl. Melitensis Mich. (Taf. 32 u. 33) überein, dass ich diese, hauptsächlich auf dekortizierte, daher unnatürlich geschlossene Ambulacren gegründete Pseudo-Species jedenfalls fallen lassen möchte.

Als gute Art, wegen der hohen Form und der Länge der Ambulacren, bei relativer Seltenheit der ihre Entstehung aus Cl. altus, var. subpyramidalis beweisenden Individuen, ist Cl. portentosus Des-Monl., gleich Cl. turritus Ag., zu betrachten. Dass Michelin's Cl. pyramidalis (Taf. 27) und Cl. alticostatus (Taf. 29) nur individuelle Varietäten dieser kuriosen Form seien, springt in die Augen und bestätigen die fünf vorliegenden Individuen davon (h. 668—674), von denen jedes sich von den anderen etwas verschieden zeigt. Cl. portentosus kommt annoch ausschliesslich im Helvetian II, B vor.

Eine ebenfalls eigentümliche, wenn auch äusserst polymorphe Art ferner wurde von Marcel de Serres Cl. gibbosus benannt (Mich., Taf. 22). Diese durch die Anschwellung der Interambulacren ausgezeichnete, typisch niedrig glockenförmige Species, wovon, neben drei normalen Exemplaren, drei von Kalksburg bei Wien (h. 650), den deutlichen Uebergang zur Subspecies Cl. Partschi Mich. (Taf. 17, Fig. 3 und Taf. 30), zwei (h. 639, 641) den Uebergang zu Cl. altus zeigende Individuen vorliegen, wirft bei Wien

und in Nordungarn eine durch oben zugespitzte Individuen der Varietät Partschi mit dem Typus verbundene Mutation, Cl. acuminatus Des. (Mich., Taf. 21) ab, welche sich durch ihre konische Gestalt auszeichnet, indessen selbstverständlich nur als Subspecies behandelt werden darf. Dass dann Cl. umbrella Ag. und Cl. dilatatus Des. Synonyme von Cl. gibbosus seien, hat schon Michelin anerkannt. Auch Cl. gibbosus ist meines Wissens nur aus dem obersten Helvetian bekannt.

Es bleibt endlich als gute Art Cl. tauricus Des. zu nennen übrig, wenn die von Michelin mit dem Originale identifizierten Individuen aus dem oberen Helvetian von Kreta und Malta, abgesehen von der Grösse, genauer damit übereinstimmen. Die auffallende Grösse dieses Clypeasters aus dem Taurusgebirge lässt um so eher vermuten, dass er etwas höher liege als die Masse seiner Verwandten, als ja das Dertonian in Karamanien verbreitet ist. In diesem Falle aber müsste die Art dem Dertonian I, B oder gar II angehören, denn die Facies der Pleurotomen-Thone des unteren Dertonian verträgt keine Clypeaster.

* * *

Aus dieser systematischen Uebersicht der Arten der Clypeaster altus-Gruppe ergiebt sich folgendes Verzeichnis ihrer typischen Formen und deren als Species unterschieden gewesenen Varietäten:

Clypeaster acuminatus Des. Vide gibbosus (Var. acuminata) (Subspecies). Helvet. II, B.
— aegyptiacus Whr. — altus (Typus). Helvet. II, B.
— Agassizi Sism. — portentosus. Helvet. II, B.
— alticostatus Mich. — portentosus. Helvet. II, B.
— **altus** Leske (Ech[thus]). Ligur. II; Helvet. I; II, A; II, B.
— altus Ag., p. p. — portentosus. Helvet. II, B.
— altus Phil., Mich. — altus (Var. subpyramidalis) (Subspecies). Ligur. II? Helvet. I? II, A? II, B.
— ambigenus Lam.?, Mich. — altus (Var. subpyramidalis?) (Mestize?). Helvet. II, B?
— Breunigi Laube. — placenta. Barton. II.
— campanulatus Schl. (Ech[tes]). — altus (Typus). Ligur. II? Helvet. I? II, A? II, B.
— Corvini Pávay. — placenta. Barton. II.

Clypeaster crassicostatus Ag. — Scillai (Var. crassicostata). Ligur. I. Aquitan. I? Helvet. I; II, A? II, B.
— crassus Ag. — Scillai (Var. crassa). Helvet. II, B.
— **depressus** Sow. — placenta? (Var.?) Barton.? II?
— dilatatus Des. — gibbosus (Var. dilatata). Helvet. II.
— Gaymardi Brongn. — gibbosus? Helvet. II, B.
— **gibbosus** Serr. Hel. II, B.
— grandiflorus Bronn. — Scillai (Var. grandiflora). Helvet. I; II, A; II, B.
— Haalensis Arch. — Michelottii (Var.?). Barton.? II?
— Haalensis Schaur. — placenta. Barton. II.
— imperialis Mich. — altus (Var. imperialis) (Subspecies). Helvet. II, B.
— intermedius Des-Monl. — Scillai (Var. intermedia) (Mestize). Helvet. II, B.
— Jonesi Forb. (Scut[la]). — altus (Var. subpyramidalis?) (Mestize?). Helvet. II, B?
— **latirostris** Ag. — altus? (Var. subpyramidalis) (Subspecies?). Helvet. II, B.
— maximus Des. (Sism.). — Cl. placenta. Barton. II.
— Melitensis Mich. — latirostris (Var.). Helvet. II, B.
— Michelini Laube. — placenta. Tongr. II.
— **Michelottii** Ag. Barton. II; Ligur. II? Tongr. II.
— Michelottii Mich., p. p. — Scillai (Var. subcampanulata) (Mestize). Helvet. II.
— oblongus Sow. — depressus (Var. oblonga). Barton.? II?
— **Olisiponensis** Mich. Helvet. II, B.
— Partschi Mich. — gibbosus (Var. Partschi) (Subspecies). Helvet. II, B.
— **placenta** Mich[ti]. Barton. II; Ligur. II; Tongr. II.
— **portentosus** Des-Monl. — Helvet. II, B.
— profundus Arch. — depressus (Var.). Barton.? II?
— profundus Ag. (Lag.) — placenta. Barton. II.
— profundus Des., Oost. (Sism.) — placenta. Barton. II.
— pyramidalis Risso (Scut[la]). — altus (Var. subpyramidalis). Helvet. II, B.
— pyramidalis Mich. — portentosus (Var.). Helvet. II, B.
— regulus Laube. — Michelottii. Tongr. II.

Clypeaster **Scillai** Des-Monl. Ligur. II; Aquitan. I? Helvet. I; II, A? II, B.
— Scillai Phil. — altus (Var. subpyramidalis). Helvet. II, B.
— scutum Laube. — placenta. Tongr. II.
— **tauricus** Des. Helvet. II, B? Derton. I, B? II?
— turritus Ag. — portentosus. Helvet. II, B.
— turritus Phil. — altus (Var. subpyramidalis). Helvet. II, B.
— turritus Abich. — gibbosus. Helvet. II, B.
— umbrella Ag. — gibbosus. Helvet. II, B.

Weitere Beobachtungen über Regeneration und Selbstamputation bei Regenwürmern.

Von

K. Hescheler.

In einer Arbeit, die im Frühjahre 1896 erschien [1]), veröffentlichte ich eine Reihe von Beobachtungen über Regenerationsvorgänge bei Regenwürmern. Ich will die Resultate jener Untersuchung hier nicht wiederholen, sondern nur eine Schlussfolgerung hervorheben, die sich aus den angestellten Versuchen ergab, nämlich, dass bei den verwendeten Species: Lumbricus Herculeus Savigny, L. rubellus Hoffm., Allolobophora foetida Sav., All. caliginosa Sav. und All. terrestris Sav. (die Mehrzahl der Beobachtungen bezieht sich auf letztgenannte Art) ein Ersatz des verloren gegangenen Vorderendes nur in beschränktem Masse eintritt. Beweis hiefür ist einmal die Thatsache, dass die Regenerationsfähigkeit bei einem Verluste von mehr als etwa 10 vorderster Segmente rasch sinkt, dass nur noch bei Abnahme der 15 ersten Segmente wirkliche Regenerate auftraten, bei grösserm Verlust bloss noch Knospen, die sich nicht weiter entwickelten; ferner spricht dafür der Umstand, dass das Auftreten und die Ausbildung der Regenerate um so stärker individuell variert je grösser der Verlust, während nach Entfernung weniger vorderster Segmente in dieser Hinsicht gewisse zeitliche Normen gegeben werden können, und endlich ist anzuführen, dass die volle Zahl der verloren gegangenen Segmente gewöhnlich nicht wieder ersetzt wird, mag der Verlust 4 oder 15 Segmente betragen; meist werden 4 oder 5

[1]) Hescheler, K.: Ueber Regenerationsvorgänge bei Lumbriciden. Jenaische Zeitschr. Bd. XXX. 1896.

regeneriert, also durchaus keine Progression entsprechend dem grössern Verluste.

An jener Stelle wurde auch erwähnt, dass Morgan[1], der gleichzeitig mit All. foetida ähnliche Versuche anstellte, zu ziemlich entsprechenden Resultaten gelangte und auch den Ersatz grösserer vorderer Partien bei diesen Würmern als Ausnahme hinstellte.

Nun erschien schon Ende 1895 (mein Manuskript war bereits zum Druck abgesandt) die höchst interessante Mitteilung von Korschelt[2]) über „Transplantationsversuche an Regenwürmern", die in seinem Laboratorium von Joest ausgeführt worden waren. In der Einleitung wird bemerkt, dass das Regenerationsvermögen der Regenwürmer ein ganz erstaunliches sei; nicht nur vermöge ein in der Mitte geteiltes Individuum zu zwei vollständigen sich zu ergänzen, sondern ganz kleine Stückchen, „deren jedes nur aus wenigen Segmenten besteht," seien im stande, sowohl einen Kopf- als einen Schwanzabschnitt neu zu bilden. „Um dieses fast erstaunliche Regenerationsvermögen von Lumbricus zu demonstrieren", so heisst es weiter, „wurden einige Schalen mit solchen Teilstücken aufgestellt. Die kleinsten derselben bestehen aus 3 bis 4 Segmenten und sind nur einige Millimeter lang. Eine Partie dieser Teilstücke wurde erst vor 8 Tagen hergestellt, eine andere vor 28 und eine dritte vor 43 Tagen. Während bei der ersteren nur erst ein Verschluss der Wundstellen zu erkennen ist, zeigen die andern schon die Neubildung des Kopf- und Schwanzendes. Man hat in ihnen also bereits wieder kleine, aber noch unvollständige (zu kurze) Würmer vor sich."

Diese Angaben laufen nun den meinigen, was die Regeneration des Vorderendes anbetrifft, direkt zuwider. Sie sind jedoch so unzweideutig und klar gegeben, dass an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt werden kann. Andererseits haben aber auch die Beobachtungen von Morgan und mir an Beweiskraft nichts verloren, und ich muss nach wie vor an den von mir aufgestellten Sätzen festhalten. Es gibt, so glaube ich, nur ein Mittel, diesen Widerspruch zu lösen. Das ist die Annahme, dass es sich bei den Ver-

---

[1]) Morgan, Th. H. A study of metamerism. Quart. Journ. of micr. Sc. Vol. 37. 1895.

[2]) Korschelt, E. Transplantationsversuche an Regenwürmern. Sitzber. der Ges. z. Beförd. d. ges. Natw. Marburg, Dez. 1895.

suchen von Joest um andere Species handelt, als die, welche Morgan und ich verwendeten. Darüber findet sich in der angezogenen Mitteilung nur ungenügend Aufschluss. Die einzige Stelle, die darüber etwas ersehen lässt, ist oben citiert: „dieses fast erstaunliche Regenerationsvermögen von Lumbricus“; allein es scheint, dass hier der Gattungsname als Kollektivbegriff für unsere einheimischen Regenwürmer genommen ist. Weiter lesen wir bei der Beschreibung der eigentlichen Transplantationsversuche, dass dazu als Versuchsobjekte dienten „Lumbricus terrestris L. (agricola Hoffm.), L. rubellus Hoffm. und L. communis Hoffm. [1])“. Unter diesen ist einzig L. rubellus eine gegenwärtig noch anerkannte und wohl umschriebene Art. Die andern beiden sind alte Speciesnamen, die eine Reihe von bei uns gemeinen Arten bezeichnen. So ist es wohl möglich, dass sich eine oder mehrere darunter befinden, die ich zu meinen Experimenten nicht verwendete und die ein viel stärker entwickeltes Regenerationsvermögen besitzen.

Für Lumbricus Herculeus Sav., Allolobophora terrestris Sav. und All. caliginosa Sav., die alle auch unter L. terrestris L. (agricola Hoffm.) und L. communis Hoffm. gehören, habe ich übrigens weitere Versuche über die Regeneration des Vorderendes angestellt, Versuche, die durchaus meine frühern Resultate bestätigen. Da die Würmer für die erwähnten Transplantationsversuche in Schalen mit feuchtem Fliesspapier gezogen wurden und, was aus der Mitteilung nicht zu ersehen, dies vielleicht auch für die Tiere zur Demonstration des Regenerationsvermögens praktiziert wurde, hielt ich meine Versuchstiere zum Teil ebenfalls in feuchtem Fliesspapier. Dieses Vorgehen scheint insofern vorteilhaft, als die Sterblichkeit bedeutend herabgemindert wird. Es empfiehlt sich daher, die Versuchsobjekte erst nach einigen Wochen in Erde zu bringen. Von den genannten Species lebten nun wiederum hintere Hälften oder kleinere Partien eines Regenwurmes im allgemeinen etwa einen

---

[1]) Ich darf hier vielleicht den Wunsch aussprechen, dass alle diejenigen, die sich zum Zwecke histologischer Untersuchung oder experimenteller Beobachtung mit Regenwürmern beschäftigen, diese nach den neuen systematischen Werken bestimmen (Rosa, Beddard etc.) und sich nicht einfach veralteter, ungültig gewordener Speciesnamen bedienen, um so mehr als der volle Umfang der darunter verstandenen wirklichen Arten jetzt nur schwer mehr erkannt werden kann.

Monat, einzelne aber auch 3 bis 4 Monate, ohne am Vorderende neue Segmente zu bilden. Zwei Exemplare (All. terrestris) wurden in ganz kleine Stückchen, bestehend aus ca. 10 Segmenten, zerlegt; von diesen lebten die meisten etwa einen Monat, einige wenige 2 oder 2½ Monate. Davon regenerierte kein einziges ein Vorderende; 1 Stückchen dagegen, etwa der Mitte entnommen, bekam nach 18 Tagen ein Schwanzregenerat in Form eines langen dünnen Anhängsels, wie ich das in der ersten Arbcit beschrieben habe.

Der Satz, dass wenige Segmente, irgend einem Regenwurmkörper entnommen, im stande sind, sowohl das Vorder- wie Hinterende neu zu erzeugen, ist daher, in dieser Allgemeinheit ausgesprochen, nicht richtig. Dagegen mögen wohl einige Arten, offenbar aber nicht die, welche ich untersuchte, wirklich „ein erstaunliches" Regenerationsvermögen besitzen, was nach den Mitteilungen von Korschelt angenommen werden muss.

Auch weitere Versuche, die in der frühern Arbeit bereits erwähnt sind, wurden fortgesetzt, so einzelne Individuen im Winter bei einer Temperatur von 25° C. im Wärmekasten gehalten. Wiederum zeigte sich, dass dies bei All. foetida den Einfluss ausübt, dass die Regenerate sich so rasch wie im Sommer bilden, während bei andern Arten der gleiche Erfolg nicht erzielt werden kann. Zur Erklärung dieser Thatsache würde früher schon die Lebensweise der einzelnen Arten in Betracht gezogen. Unter den gleichen Bedingungen erhielt ich auch von einer geringen Anzahl All. foetida, welche etwa die vordere Hälfte verloren hatten, kleine Regenerate zum Ersatz der letztern, darunter eines, an dem 4 bis 5 neue Segmente undeutlich unterschieden werden konnten. Doch handelt es sich auch da nur um einzelne Fälle, dazu noch die Kleinheit der Neubildungen, Beweis genug, dass auch speciell für All. foetida die frühern Behauptungen aufrecht erhalten werden können.

Es sei ferner erwähnt, dass in einer kürzlich erschienenen systematischen Abhandlung De Ribaucourt [1]) unter All. caliginosa und terrestris bemerkt, es sei bei vielen Individuen dieser

---

[1]) E. de Ribaucourt: Etude sur la faune lombricide de la Suisse. Revue suisse de zoologie, vol. IV. 1896.

Arten am Schwanzabschnitte „un phénomène assez curieux“ zu konstatiren, indem an einer Stelle auf Segmente von normaler Grösse dicht gedrängte kleinere Ringe folgen. „Les anneaux ... avaient l'aspect d'être en pleine période de multiplication quoique l'animal fût arrivé à l'état adulte“. Diese Beschreibung und die Figuren 26 und 65 citierter Abhandlung zeigen deutlich, dass es sich in diesen Fällen um Regenerate handelt, welche ja, wie früher erwähnt wurde, gerade bei diesen zwei Arten am auffälligsten sich zeigen.

Doch diese kurzen Bemerkungen nur so nebenbei. Zweck dieser Zeilen ist vielmehr, auf eine Eigenschaft der Regenwürmer genauer einzugehen, über die früher nur andeutungsweise gesprochen, und die bis dahin von niemand besonders hervorgehoben wurde, nämlich das Vermögen der Selbstamputation[1]). Ich will, um nicht immer auf meine frühere Arbeit zurückkommen zu müssen, die dort erwähnten Beobachtungen und neu angestellte Versuche zusammenfassen.

Fälle von Autotomie fanden sich bei folgenden Arten der Gattungen Lumbricus und Allolobophora:

L. Herculeus Sav. und L. rubellus Hoffm.

All. foetida Sav., All. chlorotica Sav., All. caliginosa Sav., All. terrestris Sav. und All. cyanea Sav.

Das Vermögen ist wohl allgemein bei unsern Regenwürmern verbreitet; denn bis jetzt kam mir keine Art in die Hände, die nicht selbstamputiert hätte.

Als Ursachen, die dabei in Betracht kommen, sind zu nennen: 1) Unbehagen, 2) mechanische Reize, 3) chemische Reize, 4) Elektrische Reize, 5) Absterben.

Die erste Ursache, die als Unbehagen bezeichnet wird, greift insofern verschiedenartige Fälle in sich, als hier der eigentlich in Betracht kommende Reiz nicht bekannt ist. Wenn ein Wurm nach Verweilen auf der flachen Hand, oder auf dem Zimmerboden zum Abschnüren einzelner Körperabschnitte veranlasst wird, so mag dies die Folge der Wirkung der menschlichen Körperwärme

---

[1]) Herr Dr. Gutzwiller in Basel teilte mir übrigens mit, dass er schon seit einiger Zeit ähnliche Beobachtungen gemacht habe, und dass ihm dabei auch aufgefallen, dass die Regenwürmer nur Teile des hintern Körperabschnittes abschnürten.

oder aber des Austrocknens oder sonstiger Einflüsse sein. Diese Fälle sind sehr charakteristisch, wenn auch nicht häufig. Unter den Augen des Beobachters zerspringt der Wurm in 2 Stücke, ein kleineres hinteres und ein längeres vorderes.

Viel sicherer tritt Selbstamputation auf mechanische Reize, Druck, Stich, grössere Verletzungen des Körpers, ein. Diese Fälle, sowie die Einschränkung, die hier gilt, sollen nachher besprochen werden.

Auch chemische Mittel, speciell Narcotica, vermögen Regenwürmer zum Abschnüren gewisser Teile zu veranlassen. Beobachtet wurde dies nach Einwirkung von Chloralhydrat, Chloroform und Formol. Andere Stoffe reagiren wohl ähnlich, doch mangeln darüber Versuche. Es sei bemerkt, dass schwacher Alkohol, wie er zum Betäuben der Tiere angewendet wird, nie in dem Sinne wirkte.

Weitere Versuche ergaben ferner, dass elektrische Reize ganz ähnliche Erscheinungen hervorzurufen im Stande sind.

Endlich wird man in vielen Fällen bei absterbenden Tieren Einschnürungen am Körper und Abschnürung einzelner Teile beobachten können.

Aus alledem geht hervor, dass hier typische Selbstamputation vorliegt, wie sie für andere Formen schon genau untersucht und beschrieben wurde [1]). Es sind die nämlichen Reize, die z. B. bei Krabben, Insekten, Echinodermen etc. die Selbstverstümmelung bewirken. Annäherung einer Flamme ergab allerdings bei den Regenwürmern nur negatives Resultat. Immerhin ist nicht zu vergessen, dass die Autotomie der Lumbriciden nicht so ausgeprägt erscheint wie bei oben erwähnten Formen oder etwa wie bei manchen Polychaeten oder Oligochaeten des süssen Wassers. Hier genügt meist ein geringer Reiz, um mit ziemlicher Sicherheit die autotomirenden Bewegungen hervorzurufen; bei den Regenwürmern ist die Sache schon capriciöser, sonst wäre wohl diese ihre Eigenschaft auch schon längst aufgefallen.

Bei den angestellten Versuchen trat eine Thatsache deutlich hervor, dass die Regenwürmer blos im hintern Abschnitte ihres Körpers amputieren, niemals in der vordern Hälfte oder genauer

---

[1]) Siehe die Zusammenstellung der Litteratur bei Fredericq, L.: L'autotomie ou la mutilation active dans le règne animal. Bull. de l'acad. roy. de Belgique, 3e sér. t. XXVI, 1893.

gesagt, im vordersten Drittel, mag der Reiz von einer Art sein, wie er will. Diese Einschränkung vorausgesetzt, wird aber die Abschnürung im amputationsfähigen Teile an keiner bestimmten Stelle ausgeführt; es ist dies hervorzuheben, weil bei manchen Formen, z. B. Arthropoden, der Bruch an einer genau vorgezeichneten Stelle stattfindet. Soviel ist aber sicher, was ich früher nicht bestimmt ausdrückte, dass das Abschnüren zwischen zwei Segmenten vor sich geht.

Bei den Ursachen Unbehagen, Absterben, Wirkung chemischer Agentien kann man nun bloss konstatieren, dass Teile des hintern Körperabschnittes, bald grössere, bald kleinere, bald einer, bald mehrere, abgeschnürt werden. Anders verhält es sich bei mechanischen Reizen und Einwirkung elektrischer Ströme. Hier hat man es in der Hand, die Amputation an bestimmter Stelle vor sich gehen zu lassen, und hier lässt sich auch direkt der Beweis erbringen, dass im vordersten Körperabschnitt Autotomie ausgeschlossen ist. Ich will diese Art der Versuche noch näher beschreiben.

Nehmen wir einen Regenwurm, z. B. von der grössten bei uns vorkommenden Art, L. Herculeus, ein Exemplar, schneiden vom Hinterende aus in der Medianlinie den Körper auf etwa 20 Segmente mitten durch, so wird entweder plötzlich in den darauffolgenden Sekunden der Körper wenige Segmente vor dem Ende der Wunde durchreissen, so rasch, dass der Darminhalt explosionsartig hervorgespritzt wird, oder aber es bildet sich an derselben Stelle nach einigen Minuten eine leichte Einschnürung, die sich rasch verstärkt und schliesslich zum Durchreissen bis auf den Darm führt. Der letztere hält die Stücke wie eine Schnur zusammen. Wird der Schnitt schief geführt oder eine stärkere Verletzung an der Seite des Körpers beigebracht, so erfolgt auch Abschnürung der verletzten Stelle, natürlich samt den dahinter liegenden Segmenten. Schneiden wir dagegen senkrecht zur Längsachse des Tieres quer durch, tritt keine Amputation ein; denn es wird ja im letztern Falle schon ausgeführt, was durch die Autotomie erreicht werden soll, an Stelle der grossen Wundfläche eine kleine, rasch verheilende zu schaffen, von der aus auch Regeneration des verloren gegangenen Teiles erfolgt. Ist nun das verletzte Stück abgestossen worden, und wird die Operation am unverletzten wieder-

holt, so erfolgt gewöhnlich wieder Amputation, dann vielleicht noch ein drittes, ein viertes Mal u. s. w. Es lässt sich einsehen, dass man auf diese Weise den Körper so zerkleinern könnte, bis man zu der vordern Grenze der amputationsfähigen Zone, deren Vorhandensein wir behaupteten, gelangte. In Wirklichkeit ist dies im allgemeinen nicht möglich; denn mit jeder Operation erschöpft sich das Tier immer mehr, die Reaktion wird undeutlicher; man wird kaum bis zur Mitte des Körpers kommen.

Das Vorhandensein einer vordern Grenze kann aber auf andere Art bestimmt und bewiesen werden. Es zeigte sich, dass nicht nur solch' grobe Verletzungen des Körpers den beschriebenen Vorgang hervorrufen, sondern dass hierzu in vielen Fällen blosser Einstich mit einem spitzigen Instrument in die Gegend des Bauchmarks genügt. Wird diese Operation vor der Mitte des Körpers ausgeführt, so bleibt sie stets ohne Erfolg, dahinter wird sie aber in den meisten Fällen zur Durchschnürung vor der Einstichstelle führen. Nun ist das Verhalten der einzelnen Individuen immerhin ein sehr verschiedenes, weshalb es auch nicht möglich ist, von einer scharfen Grenze zu sprechen, doch ist im allgemeinen, das gilt für L. Herculeus, All. terrestris und All. caliginosa, nur die hintere Körperhälfte der Selbstamputation fähig. Aehnliche Resultate wurden erhalten, wenn die Würmer in der Mitte halbiert wurden; die vordere Hälfte amputierte nie. Diese Versuche scheinen jedoch anfechtbar, weil das Tier durch die vorausgehende Operation schon geschwächt war.

An dieser Stelle will ich gleich anführen, dass nicht nur Regenwürmer, denen die vordersten Segmente fehlten, ebenso gut selbstamputierten wie intakte Tiere, sondern dasselbe war bei hintern Hälften, ja sogar bei kleinen Teilstücken, der amputationsfähigen Zone entnommen, der Fall. Es scheint, dass jedes der innerhalb dieser Zone liegenden Ganglien im stande ist, die autotomierende Bewegung auszulösen. Dabei machte ich einige Male die eigentümliche Beobachtung, dass solche Teilstücke nicht amputierten, wenn sie von der dem Vorderende zugekehrten Seite gereizt wurden, sofort aber, wenn der Reiz von hinten erfolgte. Es zeigt sich in dieser Richtung bei den kleinen Stücken dieselbe Orientierung in bezug auf vorn und hinten wie beim ganzen Wurm.

L. rubellus scheint für solche Versuche sehr günstig zu sein.

Bei dieser Art bedarf es oft gar nicht eines Einstiches oder Einschneidens, um den Vorgang zu bewirken, sondern dazu genügt häufig kräftiges Packen mit der Pincette. Hier gelang es eine vordere Grenze der amputationsfähigen Zone etwa beim 50. Segmente festzustellen. Im weitern wurde das Gleiche wie bei den erwähnten Arten beobachtet.

All. foetida reagiert sehr wenig auf Einschneiden und Einstich; dagegen ziemlich leicht auf Packen mit der Pincette unter starkem Druck. Manchmal erregt diese Operation den Anschein, dass das Tier einfach entzweigedrückt werde; das stellt sich aber stets als unrichtig heraus, weil der Bruch vor der Angriffsstelle erfolgt. Im vordersten Körperabschnitt kann man übrigens den stärksten Druck anwenden, das Tier wird dennoch nicht entzweibrechen. Die Grenze liegt bei dieser Form weiter vorn, etwa beim 40. Segment. Ich will noch erwähnen, dass bei einer solchen All. foetida einmal 15 Segmente, dem hintern Körperabschnitte entnommen, noch 6 davon amputierten, ein Beweis dafür, dass die vorderste Körperregion, die nicht mehr die Autotomie ausführt, nicht etwa wegen ihrer Kürze zu wenig kräftige Muskelkontraktionen vollziehen kann.

Bei L. Herculeus und All. foetida wurden sodann mittelst elektrischen Reizen ganz die nämlichen Resultate konstatiert: das Vorhandensein der vordern Grenze für die Selbstamputation, die Möglichkeit, kleine Stücke zum Amputieren zu veranlassen, wobei auch eine Orientierung im Sinne von vorn und hinten vorhanden.

Ich habe schon früher hervorgehoben, dass die Thatsache, dass die Selbstamputation bei diesen Formen nur in den hintern Körperabschnitten erfolgt, eine gewisse Beleuchtung erfährt durch die Regenerationsvorgänge dieser Tiere. Vorn findet auf einen schiefen Schnitt hin Regeneration von der schiefen Wundfläche aus statt; hinten tritt in diesem Falle Selbstamputation ein [1]) und Regeneration von dem neuen, dem normalen ähnlich gestalteten Hinterende aus. Im allgemeinen aber wird das Vorderende nur in beschränktem Masse regeneriert, so wenigstens bei den oben citierten Arten, wie

[1]) Bei frisch regenerierten Schwanzenden unterbleibt die Selbstamputation; entweder verheilt die Schnittwunde oder, falls ein Stück weggenommen wurde, wird dieses wieder regenerirt.

wir eingangs gesehen haben; das Hinterende findet dagegen leichten Ersatz; häufig werden Würmer angetroffen (All. terrestris und caliginosa), die die hintere Hälfte des Körpers, zuweilen noch mehr, vollständig regeneriert haben. Diese Würmer amputieren daher bloss den Teil, den sie leicht wieder ersetzen können. Eine eigentliche Erklärung ist damit freilich nicht im geringsten gegeben. Existieren nun, wie nach den Mitteilungen Korschelt's anzunehmen ist, Arten, die, was den Ersatz des Vorderendes betrifft, mit einem viel reichern Regenerationsvermögen ausgestattet sind als die erwähnten, so dürfte eine Untersuchung der Selbstamputationsvorgänge bei diesen Formen von grossem Interesse sein.

Im Anschlusse an obige Beobachtungen will ich erwähnen, dass bei der Polychaetenform Nephthys scolopendroides ganz ähnliches festgestellt werden kann, wie mich einige wenige Versuche belehrten. Ein solcher Wurm amputiert sehr leicht; packt man ein Exemplar am Hinterende, so schnürt es sofort das festgehaltene Stück ab, fasst man mit der Pinzette weiter vorn, wiederholt sich der Vorgang u. s. w. Doch wird es nicht gelingen, vor dem 40. Segmente ungefähr ein Durchschnüren oder auch nur ein partielles Durchreissen des Körpers zu erzwingen. Ebensowenig wird sich ein Erfolg zeigen, wenn das Tier am Vorderende gepackt wird. Auch hier scheint eine vordere Grenze für das Auftreten der Selbstamputation gegeben, welche übrigens nahezu nach der Segmentzahl mit der bei Lumbricus gefundenen übereinstimmt. Auch Nephthys amputiert, wenn die vordersten Nervencentren fehlen.

Diese Uebereinstimmung im Verhalten bei einer doch ziemlich entfernten Form lässt wohl auf eine allgemeinere Verbreitung der genannten Einschränkung bei der Selbstamputation innerhalb der Abteilung der Chaetopoden schliessen. Es fehlen aber meist genauere Beobachtungen in dieser Richtung. Dass übrigens bei manchen Annelidenformen die Verhältnisse wieder ganz anders liegen, beweist eine Angabe von Joyeux-Laffuie [1]) über Chaetopterus, bei dem auch Selbstamputation nachgewiesen ist; der Bruch findet aber hier an ganz bestimmter Stelle, zwischen dem 1. und 2. Segment der mittlern Region statt, und, das ist wichtig, bloss auf Reize hin,

---

[1]) J. Joyeux-Laffuie: Etude monographique du Chétoptère. Arch. de zool. expér. 2e sér. t. VIII. 1890.

die in der vordern Region beigebracht werden. „L'irritation de la partie supérieure seule, produit ce phénomène, et l'on peut impunément saisir l'extrémité inférieure. Parfois dans ce cas, il y aura également rupture, mais alors elle se produira en général au voisinage de la partie saisie, comme cela s'observe fréquemment chez plusieurs annélides.“ Nach der Selbstamputation sind beide Teile, sowohl der hintere, wie der vordere, im stande zu regenerieren. Obwohl Chaetopterus, wie angegeben wird, stets in seine Röhre zurückgezogen lebt, scheint doch der Umstand, dass ein Reiz von vorn hier gerade Autotomie auslöst, im Zusammenhang mit der Lebensweise zu stehen, indem das Tier wohl am Vorderende den meisten Verletzungen ausgesetzt ist.

Selbstamputationsvorgänge, das zeigen diese Beispiele deutlich, sind Anpassungserscheinungen, und das Vermögen selbst wird wohl innerhalb einer bestimmten Gruppe erworben und specialisiert. Schon früher wurde darauf hingewiesen, dass bei den Oligochaeten das Auftreten der Selbstamputation mit der Ausbildung des Regenerationsvermögens Hand in Hand zu gehen scheint. Die verschiedensten Arten lassen sich zu einer Kette gruppieren, als deren letztes Glied Formen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung durch Teilung imponieren [1]). Bei Lumbricus und Allolobophora noch in beschränktem Masse vorhanden, zeigt sich die Autotomie sehr ausgeprägt bei Allurus, wie mich Versuche überzeugt haben, und dem entspricht wohl (die Zahl der Beobachtungen ist noch gering) ein verstärktes Regenerationsvermögen; dann folgt etwa Criodrilus, nach den Beschreibungen ein ausserordentlich „zerbrechliches“ und auch sehr regenerationsfähiges Tier, endlich Lumbriculus mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung durch Teilung, die nur zu gewisser Jahreszeit zu erfolgen scheint. Der gleiche Wurm ist aber auch im stande, zu irgend einer Zeit und auf beliebigen Reiz hin Selbstamputation eintreten zu lassen; die Teilstücke werden durch Regeneration zu ganzen Tieren: es ist durchaus der nämliche Vorgang wie bei der Teilung als normalem Fortpflanzungsakt, nur die Ursachen, die ihn hervorrufen, sind verschieden.

---

[1]) Genaueres über diese Verhältnisse und Beziehungen siehe bei **Kennel**, J. v. Ueber Teilung und Knospung der Tiere. Dorpat 1888; und **Lang**, A. Ueber den Einfluss der festsitzenden Lebensweise auf die Tiere. Jena 1888.

Arnold Meyer.

Von

A. Lang.

Am 7. Juli 1896 starb in Zürich unser langjähriges Mitglied Dr. Arnold Meyer, ord. Professor der Mathematik an der Universität. Er war geboren als das älteste von drei Geschwistern den 11. September 1844 in Andelfingen, wo sein Vater Sekundarlehrer war. Von 1850 bis 1859 besuchte er zunächst die Primar-, dann die Sekundarschule seines Geburtsortes. Frühzeitig erwachte in ihm die Liebe zur Mathematik. Nach Absolvierung der Sekundarschule blieb er noch ein Jahr zu Hause, um sich durch Privatstunden und durch Selbststudium auf den Eintritt in die höhere Industrieschule in Zürich vorzubereiten. Nachdem er die Klassen dieser Anstalt durchlaufen und das Zeugnis der Reife erhalten, trat Meyer in die sechste, d. h. die mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung des Polytechnikums ein, an der er sich das Diplom eines Fachlehrers für Mathematik, Physik und Chemie erwarb. Hierauf verbrachte Meyer zwei Jahre in ländlicher Zurückgezogenheit bei seiner Mutter — der Vater war inzwischen gestorben — in Andelfingen, um mit aller Musse seinen mathematischen Studien obzuliegen. Dann ging er 1866 nach Berlin und 1867 nach Paris. Weierstrass, Kummer und Hermite waren seine bevorzugten Lehrer; auf die Richtung seiner späteren eigenen Studien hat hauptsächlich Hermite bestimmend eingewirkt. Nach einem kurzen Aufenthalte in England kehrte Meyer in die Heimat zurück, versah 1868—1869 eine Stelle als Verweser an der Industrieschule und dem Gymnasium in Winterthur und habilitierte sich sodann 1870 am eidgenössischen Polytechnikum. 1871 promovierte er bei dem von ihm hochverehrten Schläfli in

Bern auf Grund einer Inauguraldissertation, betitelt: „Zur Theorie der unbestimmten ternären quadratischen Formen". Zu gleicher Zeit übernahm er ein Vikariat in Mathematik an der Zürcher Industrieschule. 1872 wurde er definitiv angestellt und noch im gleichen Jahre zum Prorektor, im Herbst 1873 sodann zum Rektor der Anstalt ernannt. Ein neues und mehr zusagendes Wirkungsgebiet eröffnete sich ihm, als ihn die Regierung im September 1876 als Ordinarius für Mathematik an die Zürcher Universität berief, an der er mit dem grössten Pflichteifer thätig war, bis ihn eine bösartige Krankheit bald nach Beginn des Sommersemesters 1896 auf das letzte Krankenlager warf.

Arnold Meyer hatte sich 1883 mit Fräulein Emma Keyser in Zug verheiratet. Die glückliche Ehe blieb kinderlos.

Mit Arnold Meyer schied ein äusserst gewissenhafter, trefflicher Lehrer, ein unermüdlicher Arbeiter und exakter klarer Kopf. Er war ein bescheidener, stiller, sehr zurückhaltender Mann, der sich stets vom öffentlichen Getriebe der Welt und von gesellschaftlichen Zerstreuungen fern hielt. Er hatte keinen Feind, war vielmehr von allen seinen Kollegen und Schülern in gleich hohem Masse geachtet und gewürdigt. Meyer war ein vielseitig gebildeter Mann. Er beherrschte das Französische, Englische und Italienische und war vertraut mit der vornehmsten Litteratur dieser Sprachen. Seinen Lieblingen unter den römischen Klassikern blieb er bis zum Tode treu. Daneben liebte er die Natur, war eifriger, doch nicht fanatischer Bergsteiger. Bewandert auch in allen beschreibenden Naturwissenschaften beschäftigte er sich im Stillen, fast im Geheimen, mit Naturstudien aller Art, sammelte Käfer, Spinnen, Mineralien und legte sich ein stattliches Herbarium an.

Die vortrefflichen, in ihrer Art mustergültigen mathematischen Untersuchungen Arnold Meyers bewegen sich auf dem Gebiete der Zahlentheorie. Wir geben unten ein Verzeichnis seiner Veröffentlichungen.

Mit letztwilliger Verfügung vermachte er sein ganzes Vermögen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion der philosophischen Fakultät der Zürcher Hochschule. Wie sehr er auch unsere naturforschende Gesellschaft schätzte, geht aus der Bestimmung hervor, dass bei einer etwaigen Auflösung der Fakultät das Vermögen in das Eigentum unserer Gesellschaft übergehen müsse.

Verzeichnis der Publikationen von Arnold Meyer.

1. Zur Theorie der unbestimmten ternären quadratischen Formen. Dissertation 1871.
2. Ein Satz aus der Theorie der indefiniten ternären quadratischen Formen. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 28. Jahrg. 1883.
3. Ueber die Kriterien für die Auflösbarkeit der Gleichung $ax^2 + by^2 + cz^2 + du^2 = 0$ in ganzen Zahlen. Daselbst, 29. Jahrg. 1884.
4. Ueber die Auflösung der Gleichung $ax^2 + by^2 + cz^2 + du^2 + ev^2 = 0$ in ganzen Zahlen. Daselbst, 29. Jahrg. 1884.
5. Ueber die Klassenanzahl derjenigen ternären quadratischen Formen, durch welche die Null rational darstellbar ist. Crelle's Journal, 98. Bd. 1885.
6. Ueber eine Eigenschaft der Pell'schen Gleichung. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 32. Jahrg. 1887.
7. Ueber einen Satz von Dirichlet. Crelle's Journal, 103. Bd. 1888.
8. Zur Theorie der indefiniten ternären quadratischen Formen. Daselbst, 108. Bd. 1891.
9. Ueber indefinite quadratische Formen. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 36. Jahrg. 1891.
10. Note zu der Abhandlung über ternäre Formen im 98. Bande dieses Journals. Crelle's Journal, 112. Bd. 1893.

11—13. Ueber indefinite ternäre quadratische Formen. Daselbst, 113., 114., 115. Bd. 1894—1895.

Nach dem Tode erschien:

14. Ueber indefinite ternäre quadratische Formen. Daselbst, 116. Bd. 1896.

The non-regular transitive substitution groups whose order is the product of three unequal prime numbers.[1]

By

G. A. Miller at Paris.

We shall represent the three prime numbers by p, q, r and assume that $p > q > r$. Since the order of a transitive group is a multiple of its degree and all the groups in question contain an invariant (selfconjugate) subgroup of order p[2] the degree of these groups must be p, pr, or pq. We shall examine all the possible groups for these three degrees in the given order.

§ 1.

The transitive groups of degree p and of order pqr.

The largest group (H) that transforms the subgroup of order p into itself transforms its substitutions according to the cyclical group of order $p - 1$, for p has primitive roots. Hence it is only necessary to consider the subgroups of order qr which are contained in this cyclical group.

Since a cyclical group has one and only one subgroup corresponding to each divisor of its order, the given group of order $p - 1$ has one subgroup of order qr, when $p - 1$ is divisible by qr. If this condition is fulfilled, H (the metacyclic group) has one and only one subgroup of order pqr[3]. We shall represent this group by G_1. It contains $p - 1$ substitutions of order p, $p(q - 1)$ of order q, $p(r - 1)$ of order r, and $p(qr + 1 - q - r)$ of order qr.

---

[1]) The regular groups of this order were determined by Cole and Glover (American Journal of Mathematics, vol. 15, pp. 215—220) and by Hölder (Mathematische Annalen, vol. 43, pp. 361—371).

[2]) Cf. Frobenius, Sitzungsberichte der Akademie zu Berlin, 1893, I, p. 343.

[3]) Cf. Netto, Substitutionentheorie, p. 151.

The number of groups of this type, which exist for a given value of p, is clearly equal to the number of pairs of unequal prime factors contained in $p - 1$. Hence such groups exist always, when p is larger than 5 and $p - 1$ is not a power of 2. The first value of p for which there is more than one such group is 31. In this case there are three groups. Their orders are 186, 310, and 465 respectively.

§ 2.

The transitive groups of degree pr and of order pqr.

The invariant subgroup (H_1) of order pq [1]) must be intransitive, for its order is not a multiple of its degree. Since its systems of intransitivity are permuted according to a transitive group of order r, their number must be r. H_1 may, therefore, be formed by establishing a simple isomorphism between r transitive groups of order pq. As the latter can exist only when $p - 1$ is divisible by q, there can be no transitive groups of degree pr and order pqr unless this condition is satisfied. In what follows we shall suppose that it is satisfied.

If we add to H_1 a substitution (t) which merely interchanges its r systems of intransitivity, we obtain a group (G_2) of the required type. G_2 contains the cyclical group of order pr. Each one of its other substitutions transforms the substitutions of the subgroup of order p into one of the $q - 1$ powers which belong to the exponent q, modulus p. Those which are not contained in H_1 are of order qr.

When $p - 1$ is divisible by qr, we may construct a second group (G_3) of the required degree by using, instead of t, the substitution obtained by multiplying into t a substitution which transforms the substitutions of the subgroup of order p into some one of the $r - 1$ powers which belong to the exponent r, modulus p. G_3 contains the non-cyclical transitive group of order pr. Those of its other substitutions which are not found in H_1 are of order qr.

The other groups which may be constructed in the same manner as G_3 are conjugate to it with respect to substitutions which merely interchange the systems of H_1. Hence there are two groups of degree pr and order pqr, whenever $p - 1$ is divisible

[1]) Cf. Frobenius, loc. cit.

by qr, when $p - 1$ is divisible by q but not by r there is only one such group, when $p - 1$ is not divisible by q there is no group of this type.

The smallest set of values of p, q, r is $5, 3, 2$. Since $5 - 1 = 4$ is not divisible by 3 there is no transitive group of degree 10 and order 30 [1]). The second smallest set of values is $7, 3, 2$. In this case $7 - 1 = 6$ is divisible by both, 3 und 2. Hence there are two transitive groups of degree 14 and order 42. These two groups contain the following substitutions.

G_2	G_3
abcdefg . hijklmn	*abcdefg . hijklmn*
acegbdf . hjlnikm	*acegbdf . hjlnikm*
adgcfbe . hknjmil	*adgcfbe . hknjmil*
aebfcgd . hlimjnk	*aebfcgd . hlimjnk*
afdbgec . hmkinlj	*afdbgec . hmkinlj*
agfedcb . hnmlkji	*agfedcb . hnmlkji*
bce . dgf . ijl . knm	*bce . dgf . ijl . knm*
abd . cfe . hik . jml	*abd . cfe . hik . jml*
acg . bed . hjn . ilk	*acg . bed . hjn . ilk*
adc . bfg . hkj . imn	*adc . bfg . hkj . imn*
aef . bgc . hlm . inj	*aef . bgc . hlm . inj*
afb . deg . hmi . kln	*afb . deg . hmi . kln*
age . cdf . hnl . jkm	*age . cdf . hnl . jkm*
bec . dfg . ilj . kmn	*bec . dfg . ilj . kmn*
adb . cef . hki . jlm	*adb . cef . hki . jlm*
agc . bde . hnj . ikl	*agc . bde . hnj . ikl*
acd . bgf . hjk . inm	*acd . bgf . hjk . inm*
afe . bcg . hml . ijn	*afe . bcg . hml . ijn*
abf . dge . him . knl	*abf . dge . him . knl*
acg . cfd . hln . jmk	*aeg . cfd . hln . jmk*
ah . bi . cj . dk . el . fm . gn	*ah . bn . cm . dl . ek . fj . gi*
aickemghbjdlfn	*ai . bh . cn . dm . el . fk . gj*
ajenbkfhclgidm	*aj . bi . ch . dn . em . fl . gk*
akgjfiehdncmbl	*ak . bj . ci . dh . en . fm . gl*
albmcndheifjgk	*al . bk . cj . di . eh . fn . gm*

---

[1]) Cf. Cole's enumeration of the transitive groups of degree 10 in Quarterly Journal of Mathematics, vol. 27, pp. 40--44.

G_2	G_3
amdiglchfkbnej	*am . bl . ck . dj . ei . fh . gn*
anfldjbhgmekci	*an . bm . cl . dk . ej . fi . gh*
ah . bjeicl . dnfkgm	*ah . bmenck . diflgj*
aidhbk . cmejfl . gn	*aigkcl . bngjeh . fm*
ajghcn . bldiek . fm	*ajfnei . bhcmgl . dk*
akchdj . bmgifn . el	*akejgm . bi . cnfhdl*
alfhem . bncigj . dk	*aldmbj . chekfi . gn*
ambhfi . cj . dlgken	*amcidn . bkghfj . el*
anehgl . bi . ckfjdm	*anblfk . cj . dhgiem*
ah . bkiej . dmgkfn	*ah . bkcnem . djglfi*
akbhdi . clfjem . gn	*akflbn . cj . dmeigh*
anchgj . bkeidl . fm	*andicm . bjfhgk . el*
ajdhck . bnfigm . el	*ajbmdl . cifkeh . gn*
amehfl . bjgicn . dk	*amgjek . bi . cldhfn*
aifhbm . cj . dnekgl	*aienfj . blgmch . dk*
alghen . bi . cmdjfk	*alckgi . bhejdn . fm*

§ 3.

The transitive groups of degree pq and of order pqr.

The invariant subgroup of order pq must be transitive. If it is non-cyclical the largest group (H^1) that is commutative to it must be of order $p^2q\ (p-1)$. We can readily prove that the order of H^1 does not exceed $p^2q\ (p-1)$, for H^1 cannot transform a substitution of order q in the given invariant subgroup (H_2) into more than p positions. Another substitution belonging to the same division of H_2 with respect to its invariant subgroup of order p can then be transformed into no more than $p-1$ positions. As there are just pq substitutions that are commutative to all the substitutions of H_2[1]) and the two given substitutions generate H_2 the given statement is proved.

It is also easy to see that the order of H^1 cannot be less than $p^2q\ (p-1)$, for the substitutions of order p which are commutative to all the substitutions of H_2 combined with H_2 generate a group of order p^2q. If we combine with this group a substitution of order $p-1$ which transforms the substitutions

[1]) Jordan, Traité des Substitutions, § 75.

of order p in H_2 into a power which belongs to exponent $p-1$ with respect to modulus p and does not interchange the cycles of these substitutions, we obtain a group of order $p^2q\,(p-1)$ that contains H_2 as an invariant subgroup. This group must, therefore, be H^1.

The groups in question must be subgroups of H^1 and correspond to a group of order r in the group which is isomorphic to H^1 with respect to the given invariant subgroup of order pq. The order of this isomorphic group is $p\,(p-1)$. We have proved that it is isomorphic to a cyclical group of order $p-1$ with respect to its invariant subgroup of order p. Hence there is one and only one group of the required type, whenever $p-1$ is divisible by qr. We shall denote this group by G_4.

G_4 contains an intransitive invariant subgroup of order pr which may be constructed by establishing a simple isomorphism between q transitive groups of degree p and order pr. Its other substitutions not found in H_2 are all of order qr. It remains only to examine the case when the invariant subgroup of order pq is cyclical.

The substitutions of these groups, which are not contained in the given invariant subgroup of order pq (*Hcyc.*), must transform the substitutions of *Hcyv.* into powers which belong to the exponent r, modulus p. To each group correspond $r-1$ different powers. Since the congruence

$$x^r \equiv 1 \pmod{pq}\,,\ p > q > r$$

has one root, when neither $p-1$ nor $q-1$ is divisible by r, r roots, when either $p-1$ or $q-1$ is divisible by r, r^2 roots, when both $p-1$ and $q-1$ are divisible by r [1]), and since the root unity clearly does not correspond to a group; there is one group of the required type, when either $p-1$ or $q-1$ is divisible by r, and there are $r+1$ groups, when both $p-1$ and $q-1$ are divisible by r.

These groups are generated by *Hcyc.* and substitutions of order r which transform any substitution of order pq in *Hcyc.* into one of the required powers. The substitutions of order r may

[1]) Cf. Gauss, Disquisitiones arithmeticae, Sectio III, Art. 92.

easily be found by writing the substitutions of order pq over their required powers in such a way as to make at least one letter correspond to itself. The transforming substitutions found in this way will be of a degree which is less than pq and their rth power must be found in *Hcyc*. This power must, therefore, be unity.

Summary:

Degree.	No. of Groups.	Conditions.
p	1	$p-1$ divisible by qr.
pr	2	$p-1$ divisible by qr.
	1	$p-1$ divisible by q but not by r.
pq	$r+2$	$p-1$ divisible by qr and $q-1$ divisible by r,
	$r+1$	$p-1$ divisible by r but not by q and $q-1$ divisible by r,
	2	$p-1$ divisible by qr and $q-1$ not divisible by r,
	1	$p-1$ divisible by r but not by q and $q-1$ not divisible by r, or $p-1$ not divisible by r and $q-1$ divisible by r.

Paris, July 1896.

Gustav Adolf Kenngott.

Von

U. Grubenmann.

Am Morgen des 14. März verschied in einem reizend gelegenen, stillen Landhause der Umgebung des herrlichen Lugano, wohin er sich vor zwei Jahren in aller Stille zurückgezogen hatte, im Alter von 79 Jahren Professor Dr. Kenngott, während nahezu vier Dezennien Lehrer der Mineralogie am eidg. Polytechnikum und an der Universität Zürich. Friedlich und geräuschlos, wie sein ganzes Lehr- und Forscherleben, war auch sein Hingang aus dieser Zeitlichkeit in die Ewigkeit. Um so mehr gebieten es die Pflichten freundlichen Gedenkens und der Pietät, in einigen kurzen Zügen das Lebensbild dieses in seiner speciellen Wissenschaft sehr verdienten und anerkannten Mannes festzuhalten und zu würdigen.

Gustav Adolf Kenngott wurde geboren am 6. Januar 1818 zu Breslau in preussisch Schlesien, als der zweite Sohn des Bürgers und Handschuhmachermeisters Johann Christoph Kenngott aus Reutlingen in Württemberg und der Maria Luise, geb. Danier aus Brünn in Mähren. Der zwei Jahre ältere Bruder, Dr. Johann Friedrich Berchtold, starb 1847 als praktischer Arzt in Breslau an einem Herzschlage; seine ältere Schwester Pauline war an einen Handschuhmacher verheiratet. Im Alter von zwölf Jahren bezog der Knabe Gustav Adolf zu Ostern 1830 das Gymnasium zu St. Maria Magdalena in Breslau und bestand dort im Herbst 1838 das Abiturientenexamen. Hierauf immatrikulierte er sich an der philosophischen Fakultät der Universität Breslau für Studien in Mathematik und Naturwissenschaften, insbesondere Mineralogie, und promovierte am 9. Dezember 1842 auf Grund einer krystallo-

graphischen Arbeit und magna cum laude abgelegter Prüfung zum Dr. phil. Nach privater Fortsetzung der Studien in mineralogischer Richtung habilitierte sich Kenngott am 19. November 1844 als Privatdozent für Mineralogie, Krystallographie und Geognosie an der Breslauer Universität und hielt am 4. Dezember seine Probevorlesung „über die Veränderungen der Erdoberfläche". Da trotz des guten Besuches der Vorlesungen die erhoffte Anerkennung in seiner Vaterstadt ausblieb, siedelte der junge strebsame Dozent im Juli 1850 nach Wien über, wo er in den reichen Sammlungen des Hofmineralienkabinettes unter Direktor Partsch und der geologischen Reichsanstalt unter Direktor Haidinger vielseitige Anregung fand und seine begonnenen wissenschaftlichen Arbeiten fortsetzen konnte. Schon im Winter jenes Jahres erhielt er eine Professur für Naturgeschichte an der neu errichteten, ersten Oberrealschule Oesterreichs in Pressburg, wurde dann aber zu Ostern 1852 durch kaiserliches Dekret als Custos-Adjunkt wieder an das Hofmineralienkabinett nach Wien zurückgerufen. Am 30. Sept. 1856 schied er für immer aus dieser Stellung, indem er am 31. Juli vorher durch Beschluss des schweizerischen Bundesrates als Professor der Mineralogie an das eidg. Polytechnikum in Zürich berufen wurde; am 25. Februar 1857 wählte ihn die zürcherische Regierung in gleicher Eigenschaft als Ordinarius an die Universität, welche beide Stellungen er bis 1. Oktober 1893 ununterbrochen inne hatte.

Professor Kenngott ist somit noch eine jener ehrwürdigen Gestalten, die dem eidg. Polytechnikum nahe vom Anfang seines Bestehens an angehörten und noch bis vor wenigen Jahren an demselben gewirkt haben; er ist einer der letzten jener alten Garde.*) — 37 Jahre lang hat er in treuester Pflichterfüllung seinem Amte vorgestanden, mit warmer Hingebung für seine Wissenschaft, voll Liebe und Aufmerksamkeit für seine Schüler; erst die Gebrechen des hohen Alters vermochten ihn seinem reichen und fruchtbaren Arbeitsfelde zu entreissen. Wie sehr die Behörden seine bewährte Kraft zu schätzen wussten, erhellt am besten daraus, dass sie vom

*) Von den Dozenten, welche im ersten Studienjahre (1855/56) an dem Polytechnikum gewirkt haben, leben jetzt nur noch vier: Franz Reuleaux, Georg Sidler, Julius Stadler, Gustav Zeuner. Die Red.

Herbste 1875 bis Herbst 1881 auch die Leitung der Anstalt, die Direktion des Polytechnikums, in seine Hände legten.

Schlicht und einfach, wie sein ganzes Wesen, war auch der Vortrag des Lehrers, der der reiferen Jugend die Welt der toten Steine auf möglichst leichte Weise erschliessen wollte. Ruhig, wie ein sanft dahingleitendes Bächlein, flossen die Worte von seinen Lippen, nie haben wir in feurige Begeisterung ihn ausbrechen sehen, oder ihn übertreiben hören. In seiner vorwiegend beschreibenden Lehrweise blieb er immer der naturgeschichtlichen Schule treu, aus der er hervorgegangen war. Wie er selbst in äusserst genauer Beschreibung sich erging, so verlangte er solche auch von seinen Schülern und förderte auf diese Weise in ungewöhnlichem Masse Genauigkeit in Beobachtung und Ausdruck. Sein Streben war weniger darnach gerichtet, allgemeine Gesichtspunkte zu gewinnen, als darauf, das Einzelne genau zu erfassen und zu unterscheiden; seine Thätigkeit galt eher dem Wie, als dem Warum, mehr der Unterscheidung, als der Zusammenfassung. Aus dieser seiner Natur heraus erwuchs auch seine grosse geschäftliche Präzision in Direktorialgeschäften, die mit ausserordentlicher Sorgfalt dafür besorgt war, dass kein Buchstabe der Reglemente in irgend einer Richtung verletzt wurde. Als langjähriger Vorstand der mineralogischen Sammlungen beider Hochschulen hat er die reichen Schätze derselben, dem damaligen Stande des mineralogischen Systems entsprechend, vollständig neu aufgestellt und mit bewundernswerter Geduld Stück für Stück eigenhändig neu etikettiert.

Seinen Schülern war er stets ein väterlicher Freund und Berater, immer milde, freundlich und gut gesinnt wie wenige. Nie kam ein herbes Wort aus seinem Munde; immer brachte er es fertig, zwischen entgegenstehenden Urteilen und Auffassungen eine vermittelnde Brücke zu schaffen.

Neben seiner Lehrthätigkeit fand Kenngott in reichem Masse Zeit und Gelegenheit, auf seine Wissenschaft fördernd einzuwirken. Von 1844 bis 1893 enthalten die fachwissenschaftlichen Zeitschriften beinahe Jahr für Jahr eine Reihe grösserer oder kleinerer Abhandlungen und Einsendungen. Wissenschaftlich wertvoll sind insbesondere seine Uebersichten der Resultate mineralogischer Forschung in den Jahren 1844—1865, im Ganzen 12 Bände, von

denen der letzte (1862—1865) durch die Akademie der Wissenschaften in Wien 1867 mit einem Preise von 1000 Gulden gekrönt wurde.

Anfänglich bewegten sich seine Publikationen mit Vorliebe auf krystallographischem Gebiete, und in Bezug auf Bezeichnung, Benennung und Auffassung von Krystallformen hat er in mehrfacher Richtung seinen Ansichten eine breitere Anerkennung zu verschaffen gewusst. Später wandte er sich mehr der Mineralsystematik zu, charakterisierte lokale, namentlich schweizerische Vorkommnisse, präzisierte Speciesformen, diskutierte und berechnete in besonders reichem Masse chemische Analysen und Formeln. In seinen Studien über kaukasische und isländische Obsidiane betrat Kenngott Ende der sechziger Jahre auch das Gebiet der mikroskopischen Gesteinsanalyse an der Hand von Dünnschliffen, ohne es indessen später weiter zu bebauen oder auch nur ihm eine nachhaltigere, tiefere Bedeutung zuzuerkennen. Auch der modernen physikalischen Richtung im mineralogischen Studium stand er fremd, ja fast feindlich gegenüber und taxierte sie gerne als eine vorübergehende Modesache.

Durch diverse populär gehaltene Lehrbücher der Mineralogie und Petrographie, von denen einzelne grosse Verbreitung gefunden haben, versuchte er mit Glück seiner Disziplin Eingang zu verschaffen auf höheren und mittleren Bildungsstufen. Für unser schweizerisches Vaterland ist bedeutsam, dass Kenngott zuerst, und zwar vorwiegend an Hand der klassischen Mineraliensammlung von Dr. David Wiser, die schweizerischen Mineralfunde in ihren Eigentümlichkeiten erkannt und charakterisiert hat in seinem 1866 erschienenen Buch: „Die Minerale der Schweiz".

Bei einer so ausgedehnten und fruchtbaren Thätigkeit konnte eine reiche, äussere Anerkennung nicht ausbleiben. Viele gelehrte Gesellschaften des Auslandes erwählten ihn zum korrespondierenden, wirklichen oder Ehrenmitgliede. Er war korrespondierendes Mitglied des naturwissenschaftlichen Vereines in Halle a. d. S. (1852), des siebenbürgischen Vereins für Naturwissenschaften in Hermannstadt (1853), der Gesellschaft für vaterländische Naturkunde in Württemberg in Stuttgart (1854), des Vereins für Naturkunde des Herzogtums Nassau in Wiesbaden (1854), der k. k. mährisch-schlesischen Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaues, der

Natur- und Landeskunde in Brünn in Mähren (1855), des Werner-Vereins zur geognostischen Durchforschung von Mähren und Schlesien in Brünn (1855), des geognostisch-montanistischen Vereins von Steyermark (1856), des k. ungarisch-naturwissenschaftlichen Vereins in Pest (1858), der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der k. bayerischen Akademie der Wissenschaften (1862), der Senkenbergischen naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt am Main (1869), der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg (1884); — wirkliches Mitglied der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur (1846), der kaiserl. Leop. Carol. Akademie der Naturforscher (1852), der naturforschenden Gesellschaft in Halle a. d. S. (1853), der allgemeinen schweizer. naturforschenden Gesellschaft (1857), der kaiserlich mineralogischen Gesellschaft in St. Petersburg (1858); — Ehrenmitglied der Pollichia, naturwissenschaftlicher Verein der bayerischen Pfalz in Dürkheim (1856), des k. italienischen Athenäums in Florenz (1857), des naturhistorischen Vereins in Augsburg (1857), des naturwissenschaftlichen Vereins für Steyermark in Graz (1863), der Academy of Sciences in New-York (1864), der Gesellschaft Isis für Naturgeschichte in Dresden (1868). Noch im vorigen August wurde ihm die Freude zu teil, von der Zürcher naturforschenden Gesellschaft, deren thätiges Mitglied er seit 1857 gewesen war, bei Anlass ihres 150jährigen Jubiläums zum Ehrenmitgliede ernannt zu werden.

Im Jahr 1853 erhielt Kenngott vom Kaiser von Oesterreich die grosse goldene Gelehrtenmedaille; 1866 wurde ihm das Ritterkreuz des italienischen St. Mauritius- und Lazarusordens und 1869 vom Kaiser von Russland das Kommandeurkreuz des St. Stanislausordens verliehen. Als er im Herbst 1893 müde und gebrechlich in den ersehnten Ruhestand zurücktrat, wurde ihm sowohl von der Lehrerschaft des Polytechnikums, als auch von seinen Kollegen an der zweiten Sektion der philosophischen Fakultät der Universität in besonderen Urkunden der wohlverdiente Dank und die warme Anerkennung seiner Verdienste ausgesprochen.

Schon als Privatdozent hatte Kenngott im Jahre 1847 zu Breslau sich einen eigenen Hausstand gegründet durch seine Verheiratung mit Johanna Klara Elisa Koch, Tochter des Justitiarius Koch daselbst, die er 1871 durch den Tod verlor. Ein Jahr später

schloss er mit Maria Bertha Mathilde Koch, einer jüngeren Schwester der Verstorbenen, ein zweites Ehebündnis. Jeder dieser Ehen entsprossten zwei Kinder, zusammen drei Töchter und als jüngstes ein Sohn. Seine älteste Tochter Elisabeth vermählte sich im Mai 1867 mit Dr. Karl Freiherr von Fritsch, damals Privatdozent der Mineralogie und Geologie an der Universität Zürich, später Professor an der Universität in Halle; die zweite Tochter, Klara, verheiratete sich 1885 ins Elsass. Bald sah der liebe, gute Vater eine Schar froher Enkel um sich, zu denen am späten Lebensabend auch Urenkel sich hinzugesellten. Ein glücklicher Ehebund warf seinen milden Sonnenschein auf die letzten Lebensjahre, als mit den Gebrechen des Alters das Bedürfnis nach Ruhe immer dringender an den Greis herantrat. Immer mehr zog er sich zurück aus der Gesellschaft, aus dem Kreise seiner Kollegen, aus dem Leben der Wissenschaft und lebte gerne nur noch für sich und seine Familie. Im März 1895 siedelte er mit ihr nach Lugano über. Nun hat er im sonnigen Süden die Ruhe gefunden, die er gesucht: ein Leben reich an Arbeit und Erfolgen, ein Herz voll Liebe und Hingebung an die ihm anvertrauten Güter hat dort seinen stillen Abschluss gefunden; ein leichter Herzschlag löschte in sonntäglicher Morgenstunde das schliesslich nur noch glimmende Lebensfünklein aus.

Mit Gefühlen aufrichtiger Verehrung und Dankbarkeit wurde die irdische Hülle dem Schosse der Erde übergeben, ganz nahe der vielgeliebten zweiten Lebensgefährtin, an deren Seite man so oft den wohlbekannten Mann durch die Strassen von Zürich wandeln sah; nur 19 Tage vorher war sie ihm infolge Krankheit im Tode vorangegangen.

Ein ehrendes und freundliches Andenken wird dem treu bewährten Kollegen, dem hingebenden Lehrer und Forscher, dem guten Menschen und lieben Vater immer gesichert bleiben!

Verzeichnis der Publikationen von A. Kenngott.*)

I. Abhandlungen, Referate, briefliche [ ] Mitteilungen.

De notione et principiis crystallologiae, quae sequuntur crystallorum species, nonnullae ad angulos observatos descriptae. Dissert. inaug. Vratislaviae, 1842.

Systematis crystallorum rhombici adumbratio. Vratislaviae. 1842.

Ueber das Verhältnis zwischen der Krystallform und der chemischen Zusammensetzung. Breslau. Schles. Gesellsch. Uebersicht, 1847, pp. 50—52.

Ueber die Auffassung und richtige Behandlung der Krystallologie. Breslau. Schles. Gesellsch. Uebersicht, 1848, pp. 44—53.

Ueber die Krystallform des Rhombenglimmers. Poggend. Annal. LXXIII., 1848, pp. 601—602.

Ueber die Blätterdurchgänge des Quarzes. Poggend. Annal. LXXIII., 1848, pp. 602—605.

Ueber den Dopplerit. Wien, Jahrb. Geol. I., 1850, pp. 303—306.

Beiträge zur Bestimmung einiger Mineralien. Wien, Sitz.-Ber., 1850 (Abt. 2), pp. 234—270.

Ueber die Achatmandeln in den Melaphyren, namentlich über die von Theiss in Tirol. [1850.] Haidinger, Abhandl. IV., 1851 (Abt. 2), pp. 71—104.

Ueber Antrimolith, Poonalith, Harringtonit, Karpholith, Berzelin, Gismondin, Zeagonith, Zirkon. [1850.] Haidinger, Bericht. VII., 1851, pp. 189—194.

Ueber die Gemengteile eines Granits aus der Nähe von Pressburg. Wien, Geol. Jahrb. II., 1851, pp. 42—47.

Ueber eine eigentümliche Erscheinungsweise der elliptischen Ringsysteme am zweiaxigen Glimmer. Wien, Sitz.-Ber. 1851, pp. 42—47.

Ueber die Einschlüsse von Mineralien in krystallisiertem Quarz. Wien, Sitz-Ber. IX., 1852, pp. 402—413.

Verhältnis zwischen dem Atomgewichte, der Härte und dem spezifischen Gewichte isomorpher Minerale. Wien, Geol. Jahrb. III., 1852 (Heft 4), pp. 104—116.

Mineralogische Untersuchungen, betreffend die Minerale Zinkenit, Gyps, Antimonsilber, Kupferglanz, Millerit, Pyrrhotin, Danait und den oktaëdrischen Antimonbaryt. Wien, Sitz.-Ber. IX., 1852, pp. 557—595.

Ueber die Krystalle, welche sich an der inneren Seite der Schaufenster von Kasten, die zur Aufbewahrung ausgestopfter Tiere dienen, bilden. Wien, Sitz.-Ber. IX., 1852, pp. 782—783.

Das Mohs'sche Mineralsystem. Wien, 1853.

Bericht über die geognostische Untersuchung des nordwestlichen Teiles von Schlesien. Wien, Geol. Jahrb. IV., 1853, pp. 3—12.

---

*) In den ersten Jahren besonders sind dieselben sehr zerstreut, wesshalb das Verzeichnis, namentlich dort, auf absolute Vollständigkeit keinen Anspruch erheben kann.

Ueber die trigonalen Trapezoëder des hexagonalen Systems und ihr Vorkommen am Quarz. Wien, Sitz.-Ber. XIV., 1854, pp. 243--262; Poggend. Annal. XCIV., 1855, pp. 591—597.

Zwei neue, am Berge Zdjar vorgefundene Mineralien. Brünn, Jahresb. V., 1855, pp. 54—56.

Notiz über vikarierende Stoffe in Alaunen. Erdm. Journ. Prakt. Chem., LXIV., 1855, pp. 492—495.

Ueber den Akanthit, eine neue Spezies in dem Geschlechte der Silberglanze. Poggend. Annal. XCV., 1855, pp. 462—465.

Mineralogische Untersuchungen, betreffend die Minerale Liebenerit, Brevicit, Quarz, Kryptolith, Pyrargyrit und Diaspor. Wien, Sitz.-Ber. IX., 1853, pp. 595—621.

Mineralogische Notizen. Wien, Sitz.-Ber. X., 1853, pp. 179—184, 288—299; XI., 1854, pp. 12—23, 290—301, 750—764, 977—990; XII., 1854, pp. 22—43, 161—178, 281—303, 485—514, 701—722; XIII., 1854, pp. 462—484; XIV., 1854, pp. 243—273.

Notiz über die Krystallgestalten des Strychnins. Poggend. Annal. XCV., 1855, pp. 613—615.

Mineralogische Notizen betreffend den Hausmannit, Plagionit, Vesuvian, Beudantit, Aluminit und Paraluminit, und die neue Spezies Akanthit in dem Geschlechte der Silberglanze. Wien, Sitz.-Ber. XV., 1855, pp. 234—255.

Mineralogische Notizen betreffend die bekannten Spezies: Karstenit, Dolomit, Millerit, Turmalin, Galaktit, Wasser, Plagionit, Diopsid, Zinkit, Calcit und Felsöbanyt, sowie zwei neue: dem Enstatit, im Geschlechte der Augit-Spathe und dem Pseudophit im Geschlechte der Serpentin-Steatite. Wien. Sitz.-Ber. XVI., 1855, pp. 152—179.

Ueber einige Krystallgestalten des Siderit. Poggend. Annal. XCVII., 1856, pp. 99—104.

Mitteilungen über einige besondere Exemplare des Calcits. Poggend. Annal. XCVII., 1856, pp. 622—628.

Notiz über eine gestörte Krystallbildung des Quarzes. Poggend. Annal. XCVII., 1856, pp. 628—630.

Notiz über das Tyrit genannte Mineral. Poggend. Annal. XCVII., 1856, pp. 622 – 628.

Beschreibung eines neuen Minerals von Felsöbanya in Ungarn. Poggend. Annal. XCVIII., 1856, pp. 165—168.

Notiz über Pyritkrystalle in Quarz. Poggend. Annal. XCVIII., 1856, pp. 168—169.

Bemerkungen über die Zusammensetzung des Vanadits. Poggend. Annal. XCIX., 1856, pp. 95—101.

Ueber den Pianzit von Tüffer und den Hartit von Rosenthal in Steiermark. Wien, Jahrb. Geol. VII., 1856, pp. 91—95.

Ueber eine Pseudomorphose des Kupfers. Poggend. Annal. C., 1857, pp. 467—470.

Mineralogische Notizen. Poggend. Annal. CII., 1857, pp. 308—312.

Beschreibung des Vorhauserit. Wien, Jahrb. Geol. VIII., 1857, pp. 358—361.

Ueber die Gestaltengruppen der Krystallspezies. Halle, Zeitschr. Gesamt. Naturw. XI., 1858, pp. 497—537.

Bemerkungen über das Tyrit genannte Mineral. Poggend. Annal. CIV., 1858, pp. 329—330.

Ueber ein neues Zwillingsgesetz des Disthen. Zürich, Vierteljahrsschrift III., 1858, p. 396.

Ueber Meteoriten. Zürich, Monatsschrift IV., 1859, pp. 346—364.

Die Edelsteine. Oeff. Vortrag. Zürich, 1858.
Mineralogische Mitteilungen: I. Ueber Pennin, Epidot und Rutil. II. Ueber Rutil, Granat und einen Meteorstein. III. Staurolith, Disthen, Argentit, Rutil, Scheelit. IV. [Quarz, Fluorit, Pyrit. Zürich, Vierteljahrsschrift.] IV., 1859, pp. 193—197, 298—308, 337—346. [V. 1860, pp. 102—113.].
Bemerkungen über die Zusammensetzung einer Vesuvlava. Halle, Zeitschr. Gesamt. Naturw. XV., 1860, pp. 102—113.
Der Hörnesit, ein neues Mineral aus dem Banat. Wien, Jahrb. Geol. XI., 1860, pp. 10—11.
Geolog. Skizze. In zwanglosen Versen. Leipzig, 1861.
Zwillinge des Scheelit von Framont. N. Jahrb. Mineral. 1861, pp. 184—185.
Ueber Zwieselit. N. Jahrb. Mineral. 1861, pp. 186—187.
Ueber Pennin aus Wallis. N. Jahrb. Mineral. 1861, pp. 332—333.
Ueber Epidot und Rutil. N. Jahrb. Mineral. 1861, p. 490.
Die rote Farbe des Stilbit im Fassathal. N. Jahrb. Mineral. 1861, pp. 581—582.
Ueber Pennin von Zermatt. N. Jahrb. Mineral. 1862, p. 350.
Neuer Fundort schöner Kalkspath-Krystalle. N. Jahrb. Mineral. 1862, p. 350.
Ueber die Zusammensetzung der Pennin, Klinochlor und Chlorit genannten Minerale. Zürich, Vierteljahrsschrift VII., 1862, pp. 113—142.
Ueber die Zusammensetzung des Kämmererits. N. Jahrb. Mineral. 1863, p. 93.
Ueber den Pregrattit. N. Jahrb. Mineral. 1863, pp. 197—198.
Ueber die Zusammensetzung des Apophyllit. Erdm. Journ. Prakt. Chem. LXXXIX., 1863, pp. 449—455.
Der Hessenbergit, eine neue Mineralspezies. Ueber die Grundgestalt des Hämatit. München, Sitz.-Ber. 1863, pp. 230—236.
Ueber die Meteoriten. Oeff. Vortrag. 8. Leipzig, 1863.
Ueber die Zusammensetzung des Lithionit. Journ. Prakt. Chem. XCI., 1864, pp. 114—124.
Ueber die Zusammensetzung des Staurolith. Journ. Prakt. Chem. XCIII., 1864, pp. 257—267.
[Ein neues Schweizer Mineral, Wiserin: Zirkon bei Andermatt.] Neues Jahrb. Mineral. 1864, pp. 454—456; 1866, p. 349.
Notiz über ein Meteoreisen in der Universitätssammlung in Zürich. Wien, Akad. Sitz.-Ber. XLIX., 1864 (Abt. 2), pp. 467—469.
Bemerkungen über den Feldspath des Tonalit. Z. d. d. g. G. XVII., 1865, pp. 569—578.
Ueber Einschlüsse und Ausscheidungen in Gebirgsarten. Freiburg, Ber. III., 1865, pp. 175—182.
Ueber die Meteoriten oder die meteorischen Stein- und Eisenmassen. Halle, Zeitschr. Gesamt. Naturw. XXVI., 1865, pp. 86—190.
Ueber das Parameterverhältnis der Krystalle. Hermannstadt, Verhandl. XVI., 1865, pp. 68—71.
[Berichtigung über den Erlan.] N. Jahrb. Mineral. 1866, pp. 436—437.
[Der Wiserin ist Xenotim.] N. Jahrb. Mineral. 1866, pp. 439—441.
Bemerkungen über die mit den Namen Houghit, Hydrotalkit und Völknerit bezeichneten Mineralien. N. Jahrb. Min. 1866, pp. 720—721: Zürich, Vierteljahrsschrift XI., 1866, pp. 159—162.
Bemerkungen über die Analysen des Metaxit. N. Jahrb. Mineral. 1866, pp. 721—723. Zürich, Vierteljahrsschrift XI., 1866, pp. 162—166.

Ueber den Staurolith aus der Schweiz. N. Jahrb. Mineral. 1866, pp. 835—836.
Ueber den Apatit der Schweiz. N. Jahrb. Mineral. 1866, pp. 836—837.
Ueber die Zusammensetzung der Tantalsäure. Zürich, Vierteljahrsschrift XI., 1866, pp. 32—48.
Mitteilungen über den Richmondit, Osmelith und Neolith. Zürich, Vierteljahrsschrift XI., 1866, pp. 225—239; Journ. Prakt. Chem. CI., 1867, pp. 6—16.
Mitteilungen über den Pyrophyllit, Hydrargillit, Pennin, Chlorit und Klinochlor. Zürich, Vierteljahrsschrift XI., 1866, pp. 240—259; Journ. Prakt. Chem. CI., 1867, pp. 17—31.
Ueber die alkalische Reaktion verschiedener Minerale. Journ. Prakt Chem. CI., 1867, pp. 1—6, 474—487; CIII., 1868, pp. 289—305; N. Jahrb. Mineral. 1867, pp. 302—319, 429—441, 769—784.
Ueber einige Erscheinungen, beobachtet an Natrolith. N. Jahrb. Mineral. 1867, pp. 77—78.
Ueber das Vorkommen von Flussspath in der Schweiz. N. Jahrb. Mineral. 1867, pp. 107—108.
Ueber den Anatas der Schweiz. N. Jahrb. Mineral. 1867, pp. 364—365.
Ueber den Rutil der Schweiz. N. Jahrb. Mineral. 1867, pp. 201—203.
Ueber den Turmalin der Schweiz. N. Jahrb. Mineral. 1867, pp. 108—109.
Ueber die Eruptivgesteine der Santorin-Inseln. Wien, Jahrb. Geol. XVII., 1867, 465—474. Wien, Verhandl. Geol. XVII., 1867, p. 278.
Notiz über die Krystallgestalten des Susannit und Leadhillit. N. Jahrb. Mineral. 1868, pp. 319—320.
Ueber Gyps und Anhydrit als Einschluss in Kalkstein. N. Jahrb. Mineral. 1868, pp. 577—582.
Orthoklas von der Fibbia. Zürich, Vierteljahrsschrift XIII., 1868, pp. 279—281; XIV., 1869, pp. 103—104.
Notiz über den Hyalophan. Zürich, Vierteljahrsschrift XIII., 1868, pp. 373—377.
Ueber die Zusammensetzung des Hauyn. Journ. Prakt. Chem. CVI., 1869, pp. 363—370. N. Jahrb. Mineral. 1869, pp. 329—336.
[Ueber die Zusammensetzung des Tabergit.] [1868.] N. Jahrb. Mineral. 1869, pp. 202—203.
[Analyse des Leuchtenbergit.] N. Jahrb. Mineral. 1869, pp. 203—204.
[Ueber den Pseudophit.] N. Jahrb. Mineral. 1869, pp. 343—344.
[Ueber den Corundophyllit.] N. Jahrb. Mineral. 1869, pp. 466—467.
[Ueber die Zusammensetzung des Sylvanit.] N. Jahrb. Mineral. 1869, pp. 722—724.
Ein Dünnschliff einer Meteorsteinprobe von Knyahinya. Wien, Akad. Sitz.-Ber. 1869 (Abt. 2), pp. 873—880; Phil. Mag. XXXVIII., 1869, pp. 424—428.
Einfach-Arsenik-Kobalt (?) von Bieber bei Hanau in Hessen. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, pp. 104—105.
Ueber die Zusammensetzung des Chondrodit und Humit. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, pp. 162—167.
Miloschin. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, pp. 211—214.
Aphtonit. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, pp. 214—216.
Baryt aus dem Tavetsch in Graubündten. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, pp. 310—313.
Pyrrhotin. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, p. 312.
Bemerkungen über den Isomorphismus verschieden zusammengesetzter Körper. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, pp. 353—358; Journ. Prakt. Chem. CIX., 1870, pp. 77—82.

Pyrit; Calcit; Anorthit vom Vesuv. Zürich, Vierteljahrsschrift XIV., 1869, pp. 408-409.

Beobachtungen an Dünnschliffen eines kaukasischen Obsidians. St. Petersburg, Schriften der k. Akadem. d. Wissensch. 1869, pp. 1—21. N. Jahrb. Mineral. 1870, p. 481 und p. 615.

Ueber den Palatinit von Norheim in der Pfalz. Zeitschr. d. d. geol. Ges. XXII., 1870, pp. 747—753.

Ueber die Zusammensetzung des Chabasit. Journ. Prakt. Chem. CIX., 1870, pp. 123—134.

[Milarit, ein neuer Zeolith in der Schweiz.] N. Jahrb. Mineral. 1870, pp. 80—81.

Ueber einen Obsidian vom Hekla auf Island. N. Jahrb. Mineral. 1870, pp. 529—536.

Ueber die Krystallgestalten des Dimorphin. N. Jahrb. Mineral. 1870, pp. 537—541.

Weitere Mitteilungen über den kaukasischen Obsidian. N. Jahrb. Mineral. 1870, pp. 899—900.

Adular von der Fibbia am St. Gotthard. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 82—84.

Dem Granat ähnliches Mineral. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 84—86.

Sandbergerit. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, p. 86.

Zinkoxydhydrat(?) von Bottino in Toskana. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, p. 183.

Ueber Agalmatolith aus China. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 184—185.

Ueber Durangit. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 185—186.

Ueber Skolecit. Roméin. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 287—289.

Ueber Nephrit (Punamu) aus Neuseeland. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 372—377.

Ueber Salzhagel vom St. Gotthard. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 377—379.

Ueber Magneteisen von Zermatt. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 379.

Ueber Salmiak vom Vesuv. Zürich, Vierteljahrsschrift XV., 1870, pp. 379—380.

Ueber den uralischen Bandjaspis. St. Petersburg, Schriften der k. Akademie d. Wissensch., 1870, pp. 3—7.

[Die von Th. Liebe als Diabantochronyn aufgestellte Spezies gehört zum Chlorit.] [1870.] N. Jahrb. Mineral. 1871, pp. 51—52.

Ueber die Zusammensetzung des Epidot. N. Jahrb. Mineral. 1871, pp. 449—459.

[Ueber Chlornatriumhydrat am Ätna.] N. Jahrb. Mineral. 1871, pp. 500—501.

[Ueber Stirlingit und Röpperit.] N. Jahrb. Mineral. 1872, p. 188.

[Ueber Variscit und Kallait.] N. Jahrb. Mineral. 1872, pp. 193.

[Ueber Diorit-Analysen.] N. Jahrb. Mineral. 1872, pp. 297—300.

[Ueber Winkworthit-Analysen.] N. Jahrb. Mineral. 1872, pp. 300—301.

[Analyse des Montebrasit.] N. Jahrb. Mineral. 1872, pp. 406—407.

[Ueber die Melaphyre der niederen Tatra in Ungarn.] N. Jahrb. Mineral. 1872, pp. 600—613.

[Analyse der Sanidintrachyte.] N. Jahrb. Mineral. 1872, pp. 628—630.

Quarz als Einschluss in Basalt. Zürich, Vierteljahrsschrift XVII., 1872, p. 68; N. Jahrb. Mineral. 1872, p. 959.

[Berichtigung über Manganophyll.] [1872.] N. Jahrb. Mineral. 1873, p. 56.

[Untersuchung an Dünnschliffen des Isländischen Obsidian.] N. Jahrb. Mineral. 1873, pp. 394—397.

[Skolezit, Calcit und Apophyllit bei der Fellinenalp, Maderaner Thal.] N. Jahrb. Mineral. 1873, pp. 725—726.

[Notiz über das Verhalten einiger Bole.] N. Jahrb. Mineral. 1874, pp. 171—172.
[Ueber ein Glimmer-Vorkommen von Brigels.] N. Jahrb. Mineral. 1874, pp. 515—516.
[Merkwürdige Einschlüsse in Einsprenglingen des Pechsteins von Garsebach bei Meissen. — Nachträgliches über Obsidian von Island.] N. Jahrb. Mineral. 1874, pp. 608—611.
[Analysen des Silbers von Allemont betreffend.] [1874.] N. Jahrb. Mineral. 1875, pp. 54—55.
[Ueber die Formel des Triplit aus Cordoba.] [1874.] N. Jahrb. Mineral. 1875, pp. 171—172.
Ueber die Krystallgestalten des Quarzes und die trapezoëdrische Tetardoëdrie des hexagonalen Systems. N. Jahrb. Mineral. 1875, pp. 27—35.
[Zwillinge des Coelestin.] N. Jahrb. Mineral. 1875, pp. 293—294.
[Ueber Krystalle des Schwefels von Lercara in Sicilien.] [1875.] N. Jahrb. Mineral. 1876, p. 41.
[Ueber den Metaxoit von Lupikko, Wiik.] N. Jahrb. Mineral. 1876, pp. 517—519.
[Ueber den «Tantalit» von Yansey County, Nord-Carolina] [Der Syenit von Biella.] N. Jahrb. Mineral. 1877, pp. 168—170.
[Ueber den Amesit.] N. Jahrb. Mineral. 1877, pp. 277—278.
[Ueber den Chloropal, Unghwarit, Nontronit und Polydymit.] [1877.] N. Jahrb. Mineral. 1878, pp. 180—185.
Ueber die Grundgestalten der Krystallspezies. N. Jahrb. Mineral. 1878, pp. 337—349.
[Ueber Topas, Pyrrhotin und Pseudobrookit.] [1879.] N. Jahrb. Mineral. 1880 (Bd. 1), pp. 164—166.
[Ueber Barytplagioklas.] N. Jahrb. Mineral. 1880 (Bd. 1), pp. 278—279.
Ueber die Fahlerzformel. N. Jahrb. Mineral. 1881 (Bd. 2), pp. 228—248.
[Berechnung von Analysen finnländischer Augite und Amphibole.] N. Jahrb. Mineral. 1883 (Bd. 2), pp. 171—172.
[Ueber Humitanalysen.] N. Jahrb. Mineral. 1883 (Bd. 2), pp. 174—176.
[Ueber Euklas, Topas, Diamant und Pyrrhotin aus Brasilien.] N. Jahrb. Mineral. 1884 (Bd. 1), pp. 187—191.
[Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. Magnetismus des Tigerauges. Topas von Ouro preto.] N. Jahrb. Mineral. 1885 (Bd. 1), pp. 239—240.
[Ueber Priceit, Colemanit und Pandermit.] N. Jahrb. Mineral. 1885 (Bd. 1), p. 241.
[Krokydolith und Arfvedsonit.] N. Jahrb. Mineral. 1885 (Bd. 2), pp. 163—167.
[Krystallgestalten des Eises. — Formel des Manganostibiits.] N. Jahrb. Mineral. 1886 (Bd. 2), pp. 184—186.
[Anatas aus dem Binnenthal. Baryt vom Wadi el Tih bei Kairo. Gyps von Poland in Ohio. Tantalit aus Dakotah.] N. Jahrb. Mineral. 1887 (Bd. 2), pp. 83—86.
[Klappersteine von Tramelan im Amtsbezirk Courtelary, Kanton Bern. Scheelit vom Rothlauibach bei Guttannen im Haslithal, Kanton Bern, mit 1 Holzschnitt.] N. Jahrb. Mineral. 1888 (Bd. 1), pp. 174—180.
[Orthoklaszwillinge von Baveno. Pyrophyllit von Zeneggen bei Visp. Gypskrystalle auf Coak.] 1888 (Bd. 1), pp. 210—212.
[Ueber Pyrophysalith von Finbo. Augit von Risoe und Martit von Ypanema.] N. Jahrb. Mineral. 1890 (Bd. 1), pp. 87—92.
[Ueber die Zusammensetzung des Vesuvian.] N. Jahrb. Mineral. 1891 (Bd. 1), pp. 200—207.
[Die Formel des Axinit.] N. Jahrb. Mineral. 1891 (Bd. 1), p. 267; (Bd. 2), pp. 335—336.

[Die Formel des vesuvischen Meionit.] N. Jahrb. Mineral. 1892 (Bd. 1), pp. 49—53.
[Gleitflächen am Doppelspath.] N. Jahrb. Mineral. 1892 (Bd. 1), pp. 219—221.
Ueber die Formel der Turmaline. N. Jahrb. Mineral. 1892 (Bd. 2), pp. 44—57.
[Zur Formel der Turmaline.] N. Jahrb. Mineral. 1893 (Bd. 2), p. 71.
[Zusammensetzung des Helvin etc.] N. Jahrb. Mineral. 1893 (Bd. 2), pp. 72—74.

II. Selbständige Werke und Lehrbücher.

Uebersicht der Resultate mineralogischer Forschung, 1844—1861. 11 Bände. Wien, 1852—1862.
Uebersicht der Resultate mineralogischer Forschung, 1862—1865. 1 Band. Wien, 1868; preisgekrönt von der k. Akademie d. Wissensch., Wien.
Lehrbuch der reinen Krystallographie. Breslau, 1846.
Lehrbuch der Mineralogie zum Gebrauch an Obergymnasien, Oberrealschulen und anderen höheren Lehranstalten. Wien, 1852.
60 Krystallformnetze zur Anfertigung von Krystallmodellen. Wien, 1854.
Synonymik der Krystallographie. Wien, 1855.
Lehrbuch der Mineralogie zum Gebrauch beim Unterricht an Schulen und höheren Lehranstalten. I.—V. Auflage. Darmstadt, 1857—1880.
Tabellarischer Leitfaden der Mineralogie. Zürich, 1859.
Die Minerale der Schweiz, nach ihren Eigenschaften und Fundorten. Leipzig, 1866.
Elemente der Petrographie zum Gebrauch bei Vorlesungen und zum Selbststudium. Leipzig, 1868.
Erster Unterricht in der Mineralogie. Darmstadt, 1876.
Handwörterbuch der Mineralogie, Geologie und Paläontologie. 3 Bände. Breslau, 1882 (aus der Encyklopädie der Naturwissenschaften, II. Abtlg., I. Teil).
Elementare Mineralogie, besonders zum Zwecke des Selbststudiums. Stuttgart, 1890.

deckt werden, die Herr Assistent Fr. Höffler und nach seinem Rücktritt sein Nachfolger, Herr Max Broger, an dem oben erwähnten Normalinstrumente ausgeführt hatten. Der weitaus grösste Teil der Lücken wurde aber mit Hülfe einer Anzahl auswärtiger Beobachtungsreihen ausgefüllt, von denen mir die meisten auch in diesem Jahre von einigen Herren Fachkollegen des Auslandes mit verdankenswertester Bereitwilligkeit mitgeteilt worden waren; einige andere konnte ich verschiedenen periodischen Publikationen entnehmen. Solche Hülfsreihen lagen mit Einschluss der Beobachtungen der Herren Höffler und Broger 13 vor, nämlich von Catania, Charkow, Dorpat, Haverford, Jena, Kremsmünster, Madrid, Ogyalla, Berwyn-Philadelphia, Rom und Schaufling, die nach der chronologischen Folge ihres Einganges unter Nr. 740—752 der Litteratur aufgeführt sind. Für diese habe ich durch Vergleichung mit meinen eigenen, auf Wolf reduzierten Beobachtungen wie bisher die Reduktionsfaktoren für jedes der beiden Semester getrennt abgeleitet und nachstehend zusammengestellt. Den betreffenden Zahlen sind wie in vergangenen Jahren auch diejenigen beigefügt, die aus der Fortsetzung der korrespondierenden Beobachtungen mit den drei in Mitteil. Nr. LXXXVI bezeichneten Handfernröhren (H) und deren Vergleichung mit den am Normalinstrument erhaltenen sich ergeben haben.

Ort	I. Semester		II. Semester	
	Vgl.	*f*	Vgl.	*f*
Zürich H I	67	1.04	61	1.07
" H II	64	1.19	58	1.25
" H III	65	1.23	57	1.30
" Höffler	107	0.63	.	.
" Broger	.	.	63	0.69
Catania	113	0.73	108	0.70
Charkow	25	0.50	26	0.44
Dorpat	62	0.90	46	0.90
Haverford	59	0.79	41	0.70
Jena	96	1.14	73	1.01
Kremsmünster	68	0.78	55	0.74
Madrid	74	0.61	38	0.67
Ogyalla	49	1.35	46	1.58
Philadelphia	116	0.88	107	0.73
Rom	110	1.18	105	1.03
Schaufling	72	0.91	60	0.73

Auf die 108 mir fehlenden Tage fielen von diesen anderweitigen Beobachtungen: von Höffler 2, Broger 0, Catania 87, Charkow 26, Dorpat 32, Haverford 37, Jena 59, Kremsmünster 33, Madrid 53, Ogyalla 25, Philadelphia 92, Rom 74, Schaufling 33; sie besetzten

jeden der genannten 108 Tage mehrfach, so dass schliesslich keine einzige Lücke mehr blieb. Diese Beobachtungen wurden mit den zugehörigen Faktoren auf die Wolf'sche Einheit reduziert, sodann die je auf den gleichen Tag fallenden Zahlen zu einem Mittel vereinigt, die so gewonnenen Relativzahlen unter Beisetzung eines * in Tab. I eingetragen und die definitiven Monatsmittel gebildet.

Tägliche Fleckenstände im Jahre 1896. Tab. I.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	49	59*	89	84*	29*	56	34	10	49	16*	24	29*
2	35	55*	66	112*	25*	60	40	18	27	14*	16*	47*
3	38	56*	110	93*	28*	61	29	19*	21	17*	27	46*
4	35	56	86*	113	29*	33	37	17	18	10	38	32
5	51*	51	74	93	35	31	43	15*	28	0	30*	65*
6	55	50*	69*	76	25	32*	42	10*	22	14	23	58*
7	35	42	51*	65*	20	25	52	0*	36	7	35	54*
8	36*	62	50*	56*	34	17	41	0	52	16	41	45
9	16	32	30*	59*	21	41	40	13	77	7	60*	61*
10	7	32	37	45	17	60	40	23	82	21	73*	49
11	7	26	16	46	25	76*	39	16*	95	25*	74	31*
12	11	34	26*	21*	21	79	34*	20	113	26	84	34*
13	33*	43	26*	12*	29	89	68	26	93	20	79*	30
14	7	64	34	7	20	59	83	25	104	28	93	27
15	14	38	47	0*	14	70	54	29	104	21*	46*	39*
16	13	27	14	0	0	56	55	45	117	25	42*	10
17	14*	12	14	0	14	53	63	39	109	44*	46*	44
18	13	17	29	13	16	40	72	36	116	62	30*	41*
19	21*	30	34	13	17	16	82	48*	87	69	16*	55
20	21*	50	54	31	27	14	76	40*	103	50*	11	33*
21	22*	55*	37	37	24*	24	81	36*	80	46	33*	64*
22	14	97*	53	39	26*	48	50	40*	55	57*	29	48*
23	25*	121	65	41	16	64	54	40*	47	48*	27*	39*
24	20	107	83	30	11*	79	37	33*	55	47	24*	30*
25	20	76*	76	43	17	67	37	31	35	41	16	44*
26	35	106*	65	46	33	69	33	25	24*	34	25*	40*
27	52	88	30	44	47	52	19	26	14	36	23*	40
28	55*	94*	41	41	67	40	19	23	25	29	26	49*
29	46*	85*	36*	22	61	29	20*	31	26	16*	18	47*
30	50		68	31*	61	30	12	60	26*	25	31	59*
31	49		101		49		10	50		19		30
Mittel	29,0	57,4	52,0	43,8	27,7	49,0	45,0	27,2	61,3	28,4	38,0	42,6

Diese Monatsmittel sind in Tab. II zusammengestellt, zugleich mit der Anzahl n der Beobachtungstage und der Zahl m der fleckenfreien Tage, und zwar enthält Kol. I die Zahlen, wie sie aus meinen eigenen Beobachtungen allein hervorgehen, Kol. II dagegen die unter Hinzuziehung der auswärtigen Ergänzungen ermittelten.

Monatliche Fleckenstände im Jahre 1896. Tab. II.

1896	I			II		
	m	*n*	*r*	*m*	*n*	*r*
Januar	0	21	27.4	0	31	29.0
Februar	0	19	49.0	0	29	57.4
März	0	23	53.8	0	31	52.0
April	2	20	39.0	3	30	43.8
Mai	1	24	28.6	1	31	27.7
Juni	0	28	48.6	0	30	49.0
Juli	0	29	46.3	0	31	45.0
August	1	20	27.4	2	31	27.2
September	0	28	63.9	0	30	61.3
Oktober	1	21	27.2	1	31	28.4
November	0	15	38.0	0	30	38.0
Dezember	0	10	36.2	0	31	42.6
Jahr	5	258	40.5	7	366	41.8

Zwischen beiden Zahlenreihen treten wie gewöhnlich nur in den schwächer besetzten Wintermonaten beträchtlichere Abweichungen auf, während die Jahresmittel sehr nahe übereinstimmen. Hiernach ergiebt sich also für das Jahr 1896 die mittlere beobachtete Relativzahl

$$r = 41.8.$$

Sie ist gegenüber dem Vorjahre ($r = 64.0$) ziemlich bebedeutend, nämlich um 22.2 zurückgegangen, wesentlich mehr als von 1894 auf 1895, wo der entsprechende Unterschied nur 14.0 betrug. Die Abnahme gegen 1895 macht sich in allen einzelnen Monaten des ganzen Jahres mit Ausnahme des September bemerkbar; zugleich ist die Zahl der fleckenfreien Tage von 1 auf 7 gestiegen und es ist für die Allgemeinheit des Rückganges der Thätigkeit bezeichnend, dass auch diese sich nicht auf eine bestimmte Zeit zusammendrängen, sondern über den grössten Teil des Jahres zerstreut sind. Die Vergleichung der Tab. I mit der

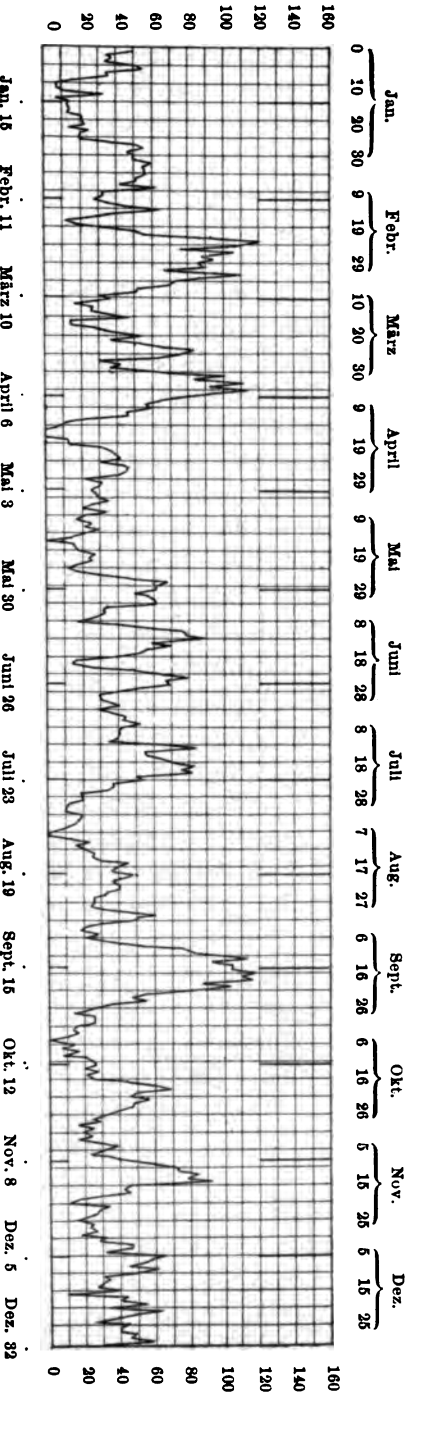
entsprechenden des Vorjahres zeigt ferner, dass, während 1895 die Relativzahl 11mal den Betrag 120 überschritt, sie im gegenwärtigen Jahre nur einmal diese höchste Grenze, die überhaupt im Jahre 1896 auftritt, gerade noch erreichte, wogegen dieses Maximum im Jahre 1895 noch 155 betrug. Es deutet somit alles darauf hin, dass wir uns rasch der Zeit des stärksten Abfalles der Sonnenfleckenkurve nähern, wenn sie nicht schon erreicht ist.

Um einen bequemern Ueberblick über den Verlauf der Erscheinung im einzelnen zu gewinnen, sind die Zahlen der Tab. I in dem nebenstehenden Kurvenzug dargestellt. Es ist daraus zu ersehen, dass auch in diesem Jahr die sekundären Schwankungen der Fleckenhäufigkeit eine deutlich ausgesprochene systematische Anordnung zeigen, wie sie in Mitt. LXXXVII für das Jahr 1895 konstatiert worden war.

Man bemerkt zunächst drei Gruppen von sekundären Maxima, nämlich

die erste im Februar und März,
„ zweite „ Juni und Juli,
„ dritte „ Sept. bis November.

Jede dieser Gruppen umfasst einen Zeitraum von etwas mehr als zwei Monaten, und es ist bemerkenswert, dass sie unter sich nahe äquidistant sind, indem



ihre Mitten in Zwischenräumen von etwa vier Monaten sich folgen. Zwischen ihnen liegen vier Intervalle mit geringerer Thätigkeit, nämlich, wenn man beachtet, dass nach Mitth. 87 der Dezember 1895 durch ein ziemlich starkes sekundäres Maximum bezeichnet war:

das erste von Anfang Januar bis Mitte Februar,
„ zweite „ Mitte April „ Ende Mai,
„ dritte „ Ende Juli „ Anfang September,
„ vierte „ Mitte November „ Ende Dezember.

Auch diese Ruheperioden sind nahe gleichlang, nämlich je etwas über anderthalb Monate, und es ist nicht ohne Interesse, dass die entsprechenden vier Intervalle geringer Thätigkeit im Jahre 1895 von nahe ebenderselben Dauer waren.

Betrachtet man die drei Gruppen sekundärer Maxima näher, so zeigt sich, ähnlich wie 1895, wenigstens teilweise eine rhythmische Wiederkehr der einzelnen Erhebungen innerhalb jeder Gruppe, indem mehrfach die aufeinanderfolgenden Maxima und ebenso die tiefen Einsenkungen, durch die jene getrennt sind, sich in Zeitintervallen folgen, die nahe einer synodischen Sonnenrotation gleichkommen. Offenbar ist dieser rhythmische Wechsel wieder mit der ungleichen Verteilung des Fleckenphänomens in heliographischer Länge in Verbindung zu bringen; jedoch ist hierbei weniger daran zu denken, dass er der Wiederkehr bestimmter, bestehengebliebener Fleckengruppen zuzuschreiben sei, als vielmehr dem Umstande, dass die Ursachen und Bedingungen der Fleckenbildung sich während längerer Zeiträume auf einem mehr oder weniger ausgedehnten, aber begrenzten Gebiete der Sonne erhalten haben, während die Konfiguration der Fleckengruppen auf diesem Gebiete, wie man sich durch Vergleichung unserer täglich aufgenommenen Sonnenbilder leicht überzeugt, immerhin mannigfaltigen Veränderungen unterworfen gewesen ist.

Um diese Verhältnisse etwas deutlicher hervortreten zu lassen, habe ich in der graphischen Darstellung der Fleckenkurve die aufeinanderfolgenden Rotationsperioden der Sonne durch vertikale Striche, die vom obern und untern Rande des Netzes ausgehen, gegeneinander abgegrenzt, indem ich bezüglich der Rotationszeit der Sonne und eines willkürlichen Anfangsmeridianes auf ihr dieselben Annahmen zu Grunde lege, die ich bei heliographischen

Ortsbestimmungen verwende, nämlich die Spörer'sche Rotationszeit von $25^{d}.234$ (siderisch) oder $27^{d}.107$ (synodisch im Mittel) und denjenigen Meridian der Sonne als Anfangsmeridian, der zu den von Spörer angenommenen und auch von mir seither immer benützten Epochen jeweilen wieder den nördlichen Ekliptikpol passiert. Durch eine einfache Rechnung findet man aus diesen mittelst der Sonnenlänge leicht die Daten, an denen jener Anfangsmeridian durch das scheinbare Sonnencentrum hindurchgeht. Diese Epochen, durch die je der Anfang einer neuen, bezw. das Ende der vorangegangenen synodischen Rotation der Sonne bezeichnet wird und die man in der Figur am unteren Rande des Netzes angegeben findet, sind, auf ganze Tage abgerundet, was hier ausreicht, für 1896 die folgenden:

Januar 15	Juli 23
Februar 11	August 19
März 10	September 15
April 6	Oktober 12
Mai 3	November 8
Mai 30	Dezember 5
Juni 26	Dezember 32

Hiernach kann man sich nun leicht von dem teilweisen Zusammenhange der erwähnten sekundären Schwankungen der Fleckenhäufigkeit mit der Rotation der Sonne überzeugen. Jedoch ist noch daran zu erinnern, dass hier eine ganz bestimmte Rotationszeit für die Sonnenoberfläche als Ganzes zu Grunde liegt, die thatsächlich nur für eine äquatoriale Zone gilt und dass also diese Darstellungsweise der Verschiedenheit der Rotationsgeschwindigkeit in verschiedenen heliographischen Breiten keine Rechnung trägt. Wenn somit aus der nahe gleichen Lage aufeinanderfolgender Maxima bezw. Minima in Bezug auf die Grenzen der entsprechenden Rotationsperioden ein Schluss auf die nahe Uebereinstimmung der örtlichen Lage der betreffenden Gebiete grösserer oder geringerer Thätigkeit auf der Sonne gezogen werden will, so ist ein solcher, streng genommen, höchstens für wenige aufeinanderfolgende benachbarte Rotationen gestattet, während eine Vergleichung weiter auseinander liegender Perioden zunächst ausgeschlossen wäre, obschon die mittlere heliographische Breite der Fleckenzonen zur Zeit schon nahe auf den Betrag herabgesunken ist, für den die oben zu Grunde gelegte Rotationszeit gilt.

Vergleicht man nun unter dieser Beschränkung die sekundären Schwankungen der Fleckenkurve in den oben erwähnten drei Gruppen, so stellt sich folgendes heraus:

a) In der ersten Gruppe entsprechen die beiden Maxima im Februar und März unzweifelhaft einem starken Vorwiegen der Fleckenbildungen auf der einen Seite der Sonnenoberfläche, da zwischen ihnen ein tiefes und andauerndes, durch geringe Thätigkeit in der gegenüberliegenden Gegend der Sonne bedingtes Minimum liegt. Das niedere Maximum Ende Januar und anfangs Februar kann als erste Phase der beiden folgenden angesehen werden, da es sich offenbar auf dieselbe Gegend der Sonnenoberfläche bezieht, und ebenso könnte die nochmalige niedere Erhebung Ende April als letztes Anzeichen dieser Thätigkeitsperiode gelten. Die zwischenliegenden Minima Mitte Januar, Februar, März und April und auch dasjenige von Mitte Mai befolgen noch genauer die rhythmische Wiederkehr nach je ungefähr einer Rotation und sind mit Sicherheit der Existenz eines Gebietes zuzuschreiben, in dem während dieses ganzen Zeitraumes nur sehr geringe Fleckenbildung stattfand.

b) Die zweite Gruppe zeigt zunächst drei ausgesprochene Maxima Ende Mai, Ende Juni und nach Mitte Juli, die je nahe der gleichen Rotationsphase entsprechen, also wieder eine vorwiegende Konzentration der Fleckenbildung auf einem begrenzten Teile der allgemeinen Fleckenzonen andeuten. Ein weiteres Maximum tritt Mitte Juni auf, das ziemlich genau in der Mitte zwischen den beiden einschliessenden liegt, und die kleine Erhebung, die etwa Juli 7. ihr Maximum erreichte, kann als eine Wiederholung der vorigen angesehen werden; beide sind einer spontanen stärkeren Thätigkeit in einer Gegend zuzuschreiben, die der ersterwähnten ungefähr gegenüber lag.

c) Das hohe und andauernde Maximum Mitte September rührt in der Hauptsache von der grossen, langgestreckten Fleckengruppe her, die in der Zeit vom 9. bis 22. September auftrat und weitaus die stärkste Aeusserung der Thätigkeit während des ganzen Jahres bezeichnete; um so auffallender ist es, dass die Thätigkeit an dieser Stelle sich nur während der einen Rotationsperiode erhielt und in der folgenden Rotation nur ganz

unbedeutende Fleckenbildungen am gleichen Orte sich fanden. Dagegen sind auf einem andern, weiter östlich davon liegenden Gebiete beträchtliche Gruppen aufgetreten, die die lange Dauer des eben genannten Maximums veranlassten und denen sodann die beiden Maxima Mitte Oktober und Mitte November zuzuschreiben sind, die unter sich wieder nahe der gleichen Rotationsphase, also ungefähr derselben Gegend der Sonne entsprechen. Obschon zwischen ihnen und der grossen Gruppe von Mitte September kein direkter Zusammenhang besteht, so geht aus der gegenseitigen Lage aller drei Maxima doch hervor, dass die ganze dortige Gegend während längerer Zeit der Sitz beständiger starker Fleckenbildung gewesen ist, während die zwischenliegenden tiefen Minima, die ebenfalls in Intervallen von nahe einer Rotation sich folgen, auf die geringe Thätigkeit der gegenüberliegenden Halbkugel hinweisen.

Der Verlauf der Fleckenthätigkeit auf der Sonne im Jahre 1896 hat somit in der Weise stattgefunden, dass diese drei deutlich ausgesprochene sekundäre Maxima zeigt, die durch vier Perioden relativer Ruhe getrennt erscheinen. Die mittleren Epochen sowohl der ersteren als der letzteren stehen um je nahe gleiche Zeiträume von ca. 4 Rotationsperioden von einander ab und eine gewisse gesetzmässige Folge ist also darin nicht zu verkennen; aber schon die Vergleichung dieser Verhältnisse mit den entsprechenden des Jahres 1895 zeigt, dass sie von diesen wesentlich verschieden sind und dass somit aus ihnen keineswegs etwa auf das dauernde Bestehen einer Unterperiode von ungefähr 4 Rotationen Dauer zu schliessen ist. Alle drei Maxima haben ersichtlich längere Zeit angedauert, indem jedes derselben sich durch mehrere aufeinanderfolgende Rotationen hindurch verfolgen lässt, und zwar zeigt sich in allen drei Fällen die auch für 1895 hervorgehobene charakteristische Thatsache, dass je während der ganzen Dauer der gesteigerten Thätigkeit die für die Fleckenbildung erforderlichen Bedingungen sich in ganz ausgesprochener Weise vorwiegend auf einem begrenzten Gebiete der Sonnenoberfläche, d. h. auf einem bestimmten Teile der Fleckenzonen vorfanden und erhielten, auf dem übrigen, diametral gegenüberliegenden Teile dagegen in weit geringerem Masse vorhanden waren oder fast ganz fehlten. Ob zwischen diesen drei Gebieten grösster Fleckenthätig-

keit unter sich nähere Beziehungen, vielleicht teilweise Uebereinstimmungen bestanden, wofür in der That die obige graphische Darstellung der Fleckenkurve einige Anhaltspunkte zu bieten scheint, lässt sich durch diese blosse Statistik aus Gründen, die oben angegeben worden sind, nicht mit Sicherheit entscheiden, sondern bleibt der wirklichen Ortsbestimmung der Thätigkeitscentren vorbehalten.

Die Tab. III enthält wie in vorangegangenen Jahren die Vergleichung des Ganges der Flecken-Relativzahlen mit jenen der magnetischen Deklinationsvariationen nach den Beobachtungen von Christiania, Prag, Wien und Mailand, die unter Nr. 753—756 der Litteratur aufgeführt sind. Der erste Teil der Tabelle bezieht sich auf die Vergleichung der Jahresmittel, deren beobachtete Werte in der ersten Zeile stehen. Wenn man in den neuen Variationsformeln:

$v = 4'.89 + 0.040\ r$ Christiania
$v = 6.00 + 0.040\ r$ Prag
$v = 5.62 + 0.040\ r$ Wien
$v = 5.67 + 0.040\ r$ Mailand

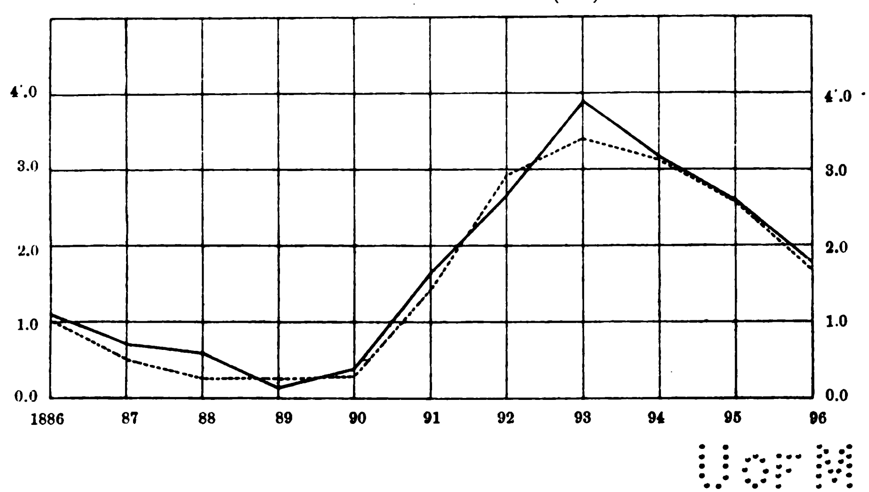
wie sie in Mitt. LXXXVI aufgestellt worden sind, das oben gefundene Jahresmittel der Relativzahlen $r = 41,8$ einsetzt, so findet man als „Berechnete Variation“ die in der zweiten Zeile zusammengestellten Zahlen, in der dritten Zeile als „Diff.“ deren Abweichungen von den entsprechenden beobachteten Jahresmitteln, für alle drei Zahlengruppen sodann in der letzten Kolonne die Mittel aus den 4 Stationen. Die Abweichung zwischen Beobachtung und Formel ist für Christiania und Prag sehr gering, für Mailand etwas grösser. am stärksten für Wien; indessen stellt sich der mittlere Unterschied immerhin nur auf $+0.'11$ und da dieser Betrag, wie aus den folgenden Zeilen der Tab. III hervorgeht, noch beträchtlich unter der mittleren Abweichung der letzten zehn Jahre bleibt, so ist die Uebereinstimmung also auch für das abgelaufene Jahr wieder als eine sehr befriedigende anzusehen.

Die der Tab. III beigefügte graphische Darstellung, wo die voll ausgezogene Linie den Verlauf der magnetischen Variation, nämlich im Mittel für die vier Stationen die Ueberschüsse der beobachteten Variationen über die konstanten Glieder a der zugehörigen Variationsformeln, die punktierte dagegen die Produkte

Vergleichung der Relativzahlen und magnet. Dekl.-Variationen. Tab. III.

1896	r	Δv = 0,040.r	v				
			Christiania	Prag	Wien	Mailand	Mittel
Beob.	41,8	—	6',60	7',79	7',84	7',07	7',33
Berech.	—	1',67	6,56	7,67	7,29	7,34	7,22
Diff.	—	—	+0,04	+0,12	+0,55	—0,27	+0,11
1895	64,0	2,56	—0,16	+0,11	+0,17	+0,05	+0,04
1894	78,0	3,12	+0,27	—0,10	—0,02	+0,07	+0,05
1893	84,9	3,40	+0,87	+0,19	—0,10	+1,07	+0,51
1892	73,0	2,92	—0,45	—0,27	—0,05	—0,23	—0,25
1891	35,6	1,42	0,00	0,00	+0,64	+0,22	+0,22
1890	7,1	0,28	+0,10	—0,12	+0,22	+0,19	+0,10
1889	6,3	0,25	—0,06	—0,26	+0,14	—0,25	—0,11
1888	6,7	0,27	+0,28	+0,37	+0,70	—0,11	+0,31
1887	13,1	0,52	—0,10	+0,20	+0,67	+0,01	+0,20
1886	25,4	1,02	+0,50	—0,02	+0,25	—0,45	+0,07
1895/96	*dr*	*dv'* Berech.	*dv''* (Beob.)				Mittel
Jan.	—34,3	—1',37	+0'.47	+1',86	+1',26	+0',54	+1',03
Febr.	— 9,8	—0,39	+0,65	—0,51	+0,20	—0,51	— 0,04
März	— 9,0	—0,36	—0,16	—0,08	—1,08	+0,34	—0,25
April	—33,1	—1,32	—0,54	—0,62	—1,16	—0,37	—0,67
Mai	—39,8	—1,59	—1,29	—1,79	—1,74	—1,55	—1,59
Juni	—22,5	—0,90	—4,29	—4,22	—4,39	—3,13	—4,01
Juli	— 2,8	—0,11	—1,73	—1,43	—1,08	—5,79	—2,51
Aug.	—41,7	—1,67	—0,05	—0,47	+0,40	—1,26	—0,34
Sept.	+ 3,6	+0,14	+0,19	—0,08	+0,48	—0,29	+0,08
Okt.	—39,5	—1,58	—1,19	—1,09	—1,12	—0,56	—0,99
Nov.	— 9,2	—0,37	—0,33	—0,67	—0,39	—0,77	—0,54
Dez.	—28,1	—1,12	+0,03	—1,42	+2,57	—1,13	+0,01
Jahr	—22,2	—0,89	—0,69	—0,88	—0,51	—1,21	—0,82

——— Magnet. Deklinations-Variationen (*v*—*a*).
.... Sonnenflecken-Relativzahlen (*b. r*).



0.040 r, d. h. ein auf den Masstab der Variationen reduziertes Bild vom Verlaufe der mittleren jährlichen Flecken-Relativzahlen giebt, zeigt noch etwas deutlicher, wie nahe beide Erscheinungen in ihrem mittleren Verlaufe sich fortwährend einander anschliessen.

Nicht ganz ebenso gut fällt, wenigstens zum Teil, die Vergleichung des beiderseitigen Ganges innerhalb des Jahres selbst, nämlich in Hinsicht auf die sekundären Schwankungen, aus. Diese Vergleichung ist für 1896 noch in der bisherigen Form, nämlich unter Zugrundelegung der Monatsmittel durchgeführt, da die Rechnungen, auf denen die in Mitt. LXXXVII berührte neue Vergleichungsart beruht, noch nicht vollständig haben abgeschlossen werden können. Man findet im zweiten Teil der Tab. III in der zweiten Kolonne für jeden Monat die Zunahme dr des Monatsmittels der Relativzahlen gegenüber dem gleichnamigen Monat des Vorjahres, in der dritten Kolonne das hiernach für 1896 zu erwartende Inkrement 0.040 dr der Variation, sodann in den vier folgenden Kolonnen die an den vier Stationen wirklich beobachteten, vom jährlichen Gange der Variation als nahezu unabhängig zu betrachtenden Werte dv'' dieser Inkremente, in der letzten Kolonne deren Mittel. Man wird nun zwar bemerken, dass durch die beiden Reihen der berechneten und beobachteten dv die allgemeine Abnahme beider Phänomene mit aller Deutlichkeit als eine gemeinsame erscheint und dass der Verlauf dieser Abnahme in den Monaten Februar bis Mai und sodann September bis November in beiden Reihen unverkennbare Aehnlichkeiten zeigt; namentlich ist im September bei Gelegenheit des starken sekundären Maximums der Relativzahlen auch in den Variationen ein Wiederansteigen markiert und die stärkere Abweichung im Dezember würde ohne Zweifel sich erheblich vermindern, wenn nicht das Mittel der beobachteten dv'' dort durch die offenbar lokale Anomalie in den Wiener Beobachtungen stark beeinflusst wäre.

Dagegen fällt das abweichende Verhalten beider Reihen im Januar, sodann ganz besonders im Juni und Juli auf, und zwar sind diese Divergenzen jedesmal für alle vier Stationen so ausgesprochen übereinstimmende, dass sie keinesfalls zufälligen örtlichen Verhältnissen zugeschrieben werden können. Eine Vergleichung mit der entsprechenden Zusammenstellung des Jahres 1895 zeigt, dass damals im Juni und Juli ebensolche Anomalien,

aber nach entgegengesetzter Richtung auftraten, die sich somit, der damals gemachten Bemerkung entsprechend, auch in diesem Jahre noch fühlbar machen werden, also wenigstens einen Teil der diesjährigen Differenzen erklären. Immerhin bleibt es auffällig, wenn gegenüber einer so starken und allgemeinen Anomalie im Gange der magnetischen Variationen, wie sie im Juni 1896 sich zeigt, eine korrespondierende im Fleckenphänomen vollständig fehlt, da gerade in der Uebereinstimmung der Abweichungen zweier Erscheinungen von ihrem regelmässigen Verlaufe eines der sichersten Anzeichen ihres Zusammenhanges zu suchen ist. Ein Grund, an einer solchen auch auf die Einzelheiten sich erstreckenden Beziehung zwischen Sonnenthätigkeit und Erdmagnetismus zu zweifeln, liegt darin nun keineswegs, sondern eher ein neuer Hinweis darauf, dass in dem Komplexe von Erscheinungen, die man unter dem Begriff der Sonnenthätigkeit zusammenfasst, und deren gemeinsame Abspiegelung in den erdmagnetischen Verhältnissen im Grossen und Ganzen, nämlich soweit die 11jährige Hauptperiode in Betracht kommt, ausser Zweifel steht, das Fleckenphänomen vermutlich weder die einzige noch die dominierende Erscheinung ist, die man in den Bewegungen der Magnetnadel reproduziert findet. Entweder mögen andere Aeusserungen jener Thätigkeit, die zwar mit der Fleckenbildung derselben langperiodischen Zu- und Abnahme unterliegen, im einzelnen aber zu Zeiten einen verhältnismässig stark abweichenden Verlauf zeigen, für jene Schwankungen noch in höherem Grade massgebend sein, oder aber es kann der Einfluss des Fleckenphänomens, auch wenn dieses selbst das wesentlich Bestimmende sein sollte, die Folge von Vorgängen in den Fleckengruppen sein, die weder in der Relativzahl noch einem der übrigen zur Zeit gebräuchlichen Masse ihren vollständigen Ausdruck finden.

Die nachstehende Fortsetzung der Sonnenfleckenlitteratur enthält die Zusammenstellung der Einzelbeobachtungen, aus denen die Fleckenstatistik des Jahres 1896 abgeleitet worden ist; von den beiden je neben dem Datum stehenden Zahlen bedeutet die erste die Anzahl der von dem betr. Beobachter an jenem Tage auf der Sonne gezählten Fleckengruppen, die zweite die Summe der in diesen vorhandenen Einzelflecken.



739) Alfred Wolfer, Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte in Zürich im Jahre 1896 (Forts. zu 720).

Instrument: Fernrohr von 8 *cm* Oeffnung mit Polarisationshelioskop und Okular von 64-facher Vergrösserung. * bezeichnet Beobachtungen mit dem Handfernrohr I.

1896			1896			1896			1896			1896			1896		
I	1	5.31	III	5	5.74	V	8	4.17	VI	25	2.92	VIII	14	3.11	X	7	1.1
-	2	4.18	-	10	4.22	-	9	3.5	-	26	2.95	-	15	3.19	-	8	2.6
-	3	4.24	-	11	2.7	-	10	2.8	-	27	3.56	-	16	4.35	-	9	1.1
-	4	4.18	-	14	4.16	-	11	3.11	-	28	3.36	-	17	3.9*	-	10	3.5
-	6	6.32	-	15	6.18	-	12	3.5	-	29	2.29	-	18	3.6*	-	12	3.13
-	7	5.8	-	16	2.3	-	13	4.8	-	30	3.20	-	25	2.32	-	13	3.11
-	9	2.6	-	17	2.3	-	14	3.4	VII	1	3.26	-	26	2.22	-	14	3.17
-	10	1.1	-	18	3.18	-	15	2.3	-	2	3.36	-	27	2.24	-	16	3.11
-	11	1.1	-	19	4.17	-	16	0.0	-	3	3.19	-	28	1.29	-	18	6.43
-	12	1.9	-	20	7.20	-	17	2.3	-	4	4.22	-	29	1.41	-	19	5.65
-	14	1.1	-	21	5.12	-	18	2.6	-	5	5.22	-	30	5.50	-	21	4.37
-	15	2.3	-	22	5.38	-	19	2.8	-	6	5.20	-	31	5.33	-	24	5.28
-	16	2.2	-	23	5.58	-	20	3.15	-	7	6.27	IX	1	4.41	-	29	5.18
-	18	2.2	-	24	8.58	-	23	2.7	-	8	5.19	-	2	3.15	-	26	4.16
-	22	2.3	-	25	8.46	-	25	2.9	-	9	5.16	-	3	2.14	-	27	3.14
-	24	3.4	-	26	7.38	-	26	3.25	-	10	5.17	-	4	2.10	-	28	3.18
-	25	3.4	-	27	3.20	-	27	4.39	-	11	5.15	-	5	4.7	-	30	2.21
-	26	5.9	-	28	3.39	-	28	5.62	-	13	8.34	-	6	3.6	-	31	2.11
-	27	6.26	-	30	5.64	-	29	4.61	-	14	9.48	-	7	4.20	XI	1	3.10
-	30	6.23	-	31	9.78	-	30	4.62	-	15	6.30	-	8	5.36	-	3	3.14
-	31	5.31	IV	4	8.27*	-	31	2.62	-	16	4.52	-	9	5.79	-	4	4.24
II	4	4.16*	-	5	7.18*	VI	1	4.53	-	17	5.55	-	10	4.97	-	6	3.8
-	5	6.25	-	6	5.22*	-	2	5.50	-	18	4.80	-	11	5.109	-	7	4.19
-	7	4.30	-	10	3.12*	-	3	6.42	-	19	6.76	-	12	7.119	-	8	4.28
-	8	6.43	-	11	3.13*	-	4	4.15	-	20	6.66	-	13	6.95	-	11	7.54
-	9	4.14	-	14	1.2	-	5	4.11	-	21	7.65	-	14	4.133	-	12	7.70
-	10	4.13	-	16	0.0	-	7	3.12	-	22	5.34	-	15	3.144	-	14	9.65
-	11	3.14	-	17	0.0	-	8	2.8	-	23	5.39	-	16	3.165	-	20	1.9
-	12	3.27	-	18	2.2	-	9	4.29	-	24	3.32	-	17	2.161	-	22	3.19
-	13	4.31	-	19	1.11	-	10	4.59	-	25	3.32	-	18	3.163	-	25	2.7
-	14	6.46	-	20	3.21	-	12	5.81	-	26	4.15	-	19	3.115	-	28	3.14
-	15	3.34	-	21	4.22	-	13	6.88	-	27	2.12	-	20	4.131	-	29	2.10
-	16	3.15	-	22	5.15	-	14	3.69	-	28	2.12	-	21	4.93	-	30	3.21
-	17	1.10	-	23	5.19	-	15	4.76	-	30	1.10	-	22	4.52	XII	4	3.23
-	18	2.8	-	24	3.20	-	16	5.43	-	31	1.7	-	23	4.38	-	8	5.25
-	19	3.20	-	25	4.32	-	17	4.48	VIII	1	1.7	-	24	4.51	-	10	5.31
-	20	4.43	-	26	3.14*	-	18	4.27	-	2	2.10	-	25	2.38	-	13	2.7*
-	23	7.131	-	27	4.33	-	19	2.7	-	4	2.8	-	27	1.13	-	14	3.15
-	24	7.108	-	28	4.29	-	20	2.4	-	8	0.0	-	28	3.12	-	16	1.6
-	27	6.28*	-	29	3.7	-	21	1.30	-	9	2.2	-	29	3.13	-	17	4.34
III	1	6.89	V	5	4.19	-	22	3.50	-	10	3.8	X	4	1.7	-	19	7.22
-	2	6.50	-	6	3.11	-	23	4.67	-	12	3.4	-	5	0.0	-	27	4.27
-	3	8.104	-	7	2.13	-	24	3.101	-	13	4.4	-	6	2.4	-	31	4.10

740) Friedr. Höffler, Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte in Zürich im Jahre 1896 (Forts. zu 722).

Instrument: Fernrohr von 8 *cm* Oeffnung mit 64-facher Vergrösserung; Polarisationshelioskop.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 1	4.47	II 5	8.47	III 14	3.15	IV 5	8.72	V 10	1.8	VI 2	4.60
- 2	3.26	- 8	4.47	- 15	4.30	- 6	4.84	- 11	2.13	- 3	3.61
- 3	4.32	- 9	3.29	- 16	2.9	- 9	4.86	- 12	1.3	- 4	3.56
- 4	4.30	- 10	3.22	- 17	2.9	- 10	4.65	- 13	1.3	- 5	2.25
- 6	4.32	- 11	3.21	- 18	3.20	- 11	3.57	- 14	1.3	- 8	2.25
- 7	4.25	- 12	3.27	- 19	4.24	- 14	1.1	- 15	0.0	- 9	3.36
- 9	3.23	- 13	3.38	- 20	5.18	- 21	3.48	- 16	0.0	- 22	2.43
- 10	1.6	- 17	1.17	- 21	4.16	- 22	5.48	- 17	0.0	- 23	2.81
- 11	1.5	- 18	1.10	- 22	2.20	- 23	4.35	- 18	1.5	- 24	2.81
- 16	1.6	- 19	3.40	- 23	4.35	- 24	3.28	- 19	1.10	- 25	2.90
- 18	2.11	- 20	3.59	- 24	4.35	- 25	4.44	- 20	2.15	- 27	3.71
- 22	2.13	- 23	6.178	- 25	3.35	- 26	3.37	- 25	1.6	- 28	3.46
- 24	3.16	- 24	6.164	- 26	4.47	- 27	3.48	- 26	2.20	- 29	2.38
- 25	3.16	III 1	5.122	- 27	3.32	- 28	4.37	- 27	3.40	- 30	1.19
- 26	3.15	- 2	6.115	- 28	2.37	V 5	3.23	- 28	4.44		
- 27	4.42	- 3	5.107	- 30	2.44	- 6	1.8	- 29	3.56		
- 30	4.30	- 5	5.115	- 31	2.50	- 7	2.20	- 30	3.56		
- 31	5.45	- 10	3.37	IV 3	7.71	- 8	4.29	- 31	3.53		
II 4	5.57	- 11	2.19	- 4	7.81	- 9	0.0	VI 1	3.67		

741) Max Broger, Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte in Zürich im Jahre 1896.

Instrument: Fernrohr von 8 *cm* Oeffnung und 64-facher Vergrösserung. Polarisationshelioskop. * bezeichnet Beobachtungen mit einem Handfernrohr.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
IX 1	2.25	IX 12	6.101	IX 23	4.49	X 10	1.4	X 31	2.10	XI 28	3.17
- 2	2.20	- 13	6.95	- 24	3.51	- 12	2.11	XI 1	2.7	- 30	3.16
- 3	2.18	- 14	5.122	- 25	2.30	- 18	4.47	- 3	1.9	XII 4	3.36
- 4	2.10	- 15	3.144	- 27	1.19	- 19	4.36	- 4	2.13	- 8	4.36
- 5	1.2	- 16	3.131	- 28	1.9	- 21	4.39	- 7	3.26	- 10	4.35
- 6	1.3	- 17	3.128	- 29	2.13	- 24	5.28	- 8	4.34	- 13	2.18
- 7	3.16	- 18	3.127	X 4	0.0	- 25	4.20	- 11	7.60	- 17	1.14
- 8	3.38	- 19	3.124	- 6	1.3	- 26	4.24	- 12	7.66	- 19	3.24
- 9	5.75	- 20	3.92	- 7	1.3	- 27	3.17	- 14	7.66	- 27	3.16*
- 10	4.80	- 21	4.67	- 8	2.9	- 28	3.27	- 22	3.28	- 31	1.4*
- 11	5.104	- 22	4.58	- 9	1.3	- 30	2.18	- 25	1.6?		

742) Sonnenfleckenbeobachtungen von Herrn W. Winkler in Jena. Briefliche Mitteilung (Forts. zu 725).

Instrument: 4zölliger Steinheil'scher Refraktor mit Polarisationshelioskop und 80-facher Vergrösserung.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 2	2.9	I 28	4.10	II 17	1.3	III 3	4.48	III 19	3.4	IV 7	3.18
- 9	2.5	- 30	3.4	- 18	2.5	- 4	4.33	- 20	3.3	- 8	4.27
- 10	1.1	- 31	3.5	- 19	3.8	- 5	4.43	- 22	2.9	- 9	4.23
- 11	1.1	II 3	3.25	- 20	3.15	- 6	4.24	- 23	3.25	- 10	3.19
- 15	1.1	- 4	4.22	- 21	2.34	- 7	4.12	- 24	3.23	- 11	2.15
- 16	1.1	- 7	2.11	- 22	5.60	- 8	3.6	- 25	3.24	- 12	1.8
- 21	2.2	- 8	3.18	- 23	5.59	- 11	2.4	- 28	1.14	- 13	1.4
- 22	2.2	- 9	1.2	- 24	5.57	- 12	2.4	- 29	1.16	- 14	0.0
- 23	2.2	- 10	1.2	- 26	7.43	- 13	1.6	- 30	2.22	- 15	0.0
- 24	2.2	- 12	2.6	- 27	5.28	- 14	1.3	IV 2	7.40	- 16	0.0
- 25	3.3	- 14	1.8	- 29	5.36	- 15	2.3	- 4	8.34	- 17	0.0
- 27	3.10	- 16	1.5	III 2	4.30	- 18	2.4	- 5	6.24	- 18	0.0

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
IV 19	1.5	VI 3	3.17	VII 1	4.21	VIII 4	1.6	X 3	1.4	XI 16	2.5
- 20	2.16	- 4	4.10	- 2	2.16	- 5	1.3	- 5	0.0	- 17	3.7
- 22	3.14	- 5	2.6	- 3	3.15	- 6	0.0	- 6	1.1	- 18	1.3
- 23	3.4	- 6	2.4	- 4	1.7	- 7	0.0	- 13	0.0	- 20	1.3
- 24	1.8	- 7	2.4	- 5	3.7	- 8	0.0	- 15	1.10	- 21	2.8
- 25	3.17	- 8	2.4	- 7	2.12	- 9	0.0	- 16	1.8	- 25	1.4
- 26	3.21	- 9	3.9	- 8	4.10	- 29	1.25	- 18	4.21	- 26	1.5
- 27	4.23	- 10	5.29	- 9	3.6	IX 1	3.17	- 19	4.35	- 29	2.6
V 1	1.6	- 11	4.36	- 10	3.6	- 3	3.7	- 21	5.25	- 30	3.10
- 2	1.10	- 13	2.54	- 11	2.4	- 4	2.7	- 22	4.22	XII 1	2.8
- 5	2.9	- 14	2.37	- 12	2.4	- 6	1.3	- 24	5.12	- 2	3.13
- 7	2.9	- 15	3.48	- 13	4.6	- 8	2.16	- 26	3.7	- 3	3.11
- 8	3.7	- 16	3.32	- 14	2.9	- 10	5.77	- 27	3.4	- 4	3.15
- 9	0.0	- 17	2.15	- 15	3.20	- 11	5.72	- 28	2.8	- 5	4.19
- 15	0.0	- 18	1.10	- 17	2.12	- 12	4.79	- 29	1.6	- 6	4.13
- 17	0.0	- 19	1.3	- 18	3.33	- 13	5.59	- 30	2.5	- 7	4.11
- 19	1.7	- 20	1.1	- 20	4.21	- 14	3.71	- 31	2.6	- 8	4.19
- 20	1.5	- 21	1.14	- 21	3.23	- 15	2.71	XI 2	0.0	- 9	4.14
- 21	2.3	- 22	2.18	- 22	3.26	- 22	3.26	- 3	1.5	- 10	3.12
- 22	1.1	- 23	2.35	- 23	3.17	- 23	2.17	- 4	1.6	- 11	2.10
- 26	3.13	- 24	2.30	- 25	2.10	- 24	2.25	- 5	1.10	- 14	2.11
- 27	3.20	- 25	2.35	- 26	2.7	- 25	1.17	- 6	3.4	- 15	3.23
- 28	3.27	- 26	2.36	- 27	2.9	- 26	1.13	- 7	4.7	- 16	2.15
- 29	2.24	- 27	3.38	- 28	2.8	- 27	2.11	- 10	5.24	- 28	3.21
- 31	2.27	- 28	3.16	VIII 1	1.5	- 28	2.4	- 13	6.33	- 29	3.12
VI 1	2.25	- 29	2.11	- 3	1.1	- 29	2.4	- 14	6.27	- 30	4.9

743) Sonnenfleckenbeobachtungen auf der Sternwarte in Kremsmünster; nach brieflicher Mitteilung von Herrn Prof. Fr. Schwab, Direktor der Sternwarte (Forts. zu 723).

Instrument: Plössl'sches Fernrohr von 58 *mm* Oeffnung und 40-facher Vergrösserung.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 5	2.12	II 21	6.35	IV 15	0.0	V 27	5.23	VI 28	3.17	VIII 3	2.8
- 8	3.11	- 22	7.51	- 17	0.0	- 28	4.37	- 30	5.14	- 9	2.5
- 10	1.2	- 23	9.76	- 19	1.7	- 29	3.37	VII 2	5.20	- 15	3.17
- 11	1.2	- 26	8.74	- 21	3.17	- 31	2.35	- 5	2.7	- 25	1.28
- 12	1.3	III 3	9.85	- 22	4.19	VI 1	2.28	- 6	5.17	- 26	1.10
- 17	1.2	- 6	6.57	- 23	3.13	- 2	3.32	- 7	5.15	- 31	4.29
- 24	2.4	- 11	2.11	- 25	3.17	- 3	3.21	- 8	6.17	IX 1	4.19
- 25	3.6	- 13	1.9	- 28	4.18	- 4	2.2	- 10	3.4	- 3	3.9
- 26	5.11	- 14	2.10	- 29	2.4	- 5	2.7	- 12	2.3	- 4	3.10
- 27	6.25	- 15	1.2	V 6	2.6	- 6	2.10	- 13	6.21	- 5	1.2
- 28	7.20	- 17	3.11	- 8	3.10	- 8	2.10	- 14	6.24	- 8	3.39
II 2	4.30	- 19	3.10	- 9	0.0	- 11	5.43	- 15	3.31	- 9	5.59
- 5	7.20	- 21	3.7	- 10	1.2	- 14	4.65	- 18	4.73	- 10	6.82
- 7	4.18	- 22	2.16	- 11	1.3	- 15	6.65	- 21	5.40	- 13	7.86
- 9	3.8	- 23	4.38	- 12	2.5	- 16	5.65	- 22	3.38	- 15	2.133
- 10	3.10	- 24	4.41	- 15	0.0	- 17	5.36	- 25	3.18	- 16	3.126
- 12	3.22	- 25	3.34	- 17	0.0	- 19	4.11	- 26	2.9	- 18	2.102
- 16	2.18	- 26	5.38	- 18	2.6	- 20	3.13	- 27	2.9	- 19	3.100
- 17	2.11	- 29	2.26	- 19	1.6	- 23	5.43	- 28	3.9	- 21	5.44
- 18	4.9	IV 12	2.13	- 25	2.5	- 24	4.38	- 31	1.5	- 22	5.30



1896		1896		1896		1896		1896		1896	
IX 25	2.28	X 9	1.1	X 19	6.47	XI 4	2.6	XI 23	1.4	XII 7	4.22
- 27	2.13	- 10	1.1	- 21	6.30	- 5	3.13	- 26	2.9	- 8	6.31
X 5	0.0	- 11	2.6	- 23	5.25	- 6	3.11	- 28	1.4	- 9	6.32
- 6	1.1	- 16	1.7	- 25	6.18	- 9	5.28	XII 2	3.18	- 28	4.26
- 7	1.1	- 17	4.18	- 31	1.8	- 13	8.40	- 3	3.21	- 29	5.24
- 8	2.3	- 18	5.30	XI 2	2.8	- 15	3.19	- 4	3.27		

744) Sonnenfleckenbeobachtungen von Herrn A. W. Quimby in Berwyn bei Philadelphia, Pennsylvania. Briefliche Mitteilung. (Forts. zu 726).

Die Beobachtungen sind an einem 4½-zöll. Refraktor, in den wenigen mit * bezeichneten Fällen mit einem 2-zöll. Handfernrohr gemacht.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 1	4.19	II 21	2.22	IV 9	3.45	V 24	1.3	VII 5	3.9	VIII 14	3.7
- 2	3.14	- 22	5.58	- 11	1.8	- 25	2.4	- 6	5.10	- 15	3.28
- 3	2.8	- 23	5.63	- 12	1.12	- 26	4.20	- 7	5.12	- 16	4.27
- 4	2.9	- 24	4.75	- 13	1.5	- 27	4.61	- 8	4.6	- 17	5.39
- 5	4.18	- 25	4.47	- 14	1.4	- 28	4.72	- 9	3.11	- 18	5.18
- 6	5.19	- 27	5.50	- 15	1.2	- 29	3.74	- 10	3.8	- 19	5.17
- 8	3.11	- 28	5.38	- 16	0.0	- 30	2.38	- 11	5.12	- 20	5.11
- 10	1.1	III 1	4.28	- 17	0.0	- 31	2.30	- 12	5.11	- 21	5.14
- 11	1.1	- 2	4.17	- 18	1.8	VI 1	3.38	- 13	6.20	- 22	3.20
- 12	2.9	- 3	4.22	- 19	1.10	- 2	4.44	- 14	6.30	- 23	2.32
- 13	2.7	- 4	5.27	- 20	4.22	- 3	4.20	- 15	4.24	- 24	1.38
- 14	2.4	- 5	5.24	- 21	4.19	- 4	4.12	- 16	4.31	- 25	2.24
- 15	1.2	- 6	4.10	- 22	3.6	- 5	3.11	- 17	4.50	- 26	2.21
- 16	2.2	- 7	3.12	- 23	4.13	- 6	3.8	- 18	4.78	- 27	2.14
- 18	2.2	- 8	5.27	- 25	3.25	- 7	3.12	- 19	5.93	- 28	2.32
- 20	2.2	- 9	3.6	- 26	3.30	- 8	3.8	- 20	3.32	- 29	1.31
- 21	2.2	- 12	2.7	- 27	4.37	- 9	4.25	- 21	4.28	- 30	3.44
- 22	2.2	- 13	3.10	- 28	1.6	- 10	4.25	- 22	4.31	- 31	3.18
- 25	3.3	- 14	2.5	- 29	3.7	- 11	4.38	- 23	4.30	IX 1	4.18
- 26	5.10	- 17	2.6	- 30	2.10	- 12	4.48	- 24	3.30	- 2	3.18
- 27	5.22	- 18	3.8	V 3	1.13	- 13	4.71	- 25	2.29	- 3	2.17
- 28	5.31	- 19	3.5	- 4	2.11	- 14	3.44	- 26	2.13	- 4	2.11
- 29	3.19	- 20	3.5	- 5	2.12	- 15	3.63	- 27	2.10	- 5	4.9
- 30	2.9	- 21	3.5	- 6	1.6	- 16	3.33	- 28	2.13	- 6	2.5
- 31	3.18	- 22	3.11*	- 7	2.10	- 17	3.15	- 29	2.13	- 7	3.22
II 2	4.21	- 24	3.15	- 8	2.7	- 18	2.12	- 30	1.12	- 8	3.44
- 6	4.14	- 25	4.22	- 9	1.3	- 19	2.8	- 31	1.10	- 9	4.60
- 7	4.14	- 26	3.11*	- 10	2.3	- 20	2.9	VIII 1	1.8	- 10	5.106
- 8	5.15	- 27	3.11*	- 11	3.5	- 21	1.17	- 2	2.8	- 11	5.162
- 9	2.6	- 28	3.18	- 12	1.1	- 22	3.41	- 3	2.4	- 12	3.32
- 10	4.12	- 29	3.22	- 13	2.5	- 23	3.68	- 4	1.2*	- 13	3.126
- 11	3.10	- 30	3.32	- 14	1.1	- 26	3.67	- 5	1.2*	- 14	4.115
- 12	3.9	- 31	5.50	- 15	1.3	- 27	3.42	- 6	1.2	- 16	1.129
- 14	4.14	IV 2	7.42	- 16	1.3	- 28	4.22	- 7	0.0*	- 17	3.124
- 15	3.14	- 3	6.29	- 17	0.0	- 29	3.22	- 8	0.0	- 18	3.150
- 16	2.13	- 4	6.20	- 18	1.4	- 30	3.15	- 9	1.4	- 19	3.79
- 17	1.4	- 5	6.31	- 19	1.12	VII 1	3.27	- 10	1.1	- 20	3.56
- 18	2.6	- 6	3.32	- 21	1.4	- 2	2.37	- 11	2.2	- 21	4.58
- 19	3.12	- 7	4.52	- 22	2.8	- 3	3.28	- 12	4.6	- 22	4.18*
- 20	3.18	- 8	4.30	- 23	2.5	- 4	2.16	- 13	3.5	- 23	3.17*

1896			1896			1896			1896			1896			1896		
IX	24	3.12*	X	8	2.3	X	27	3.15	XI	13	7.33	XII	3	3.22	XII	19	5.23
-	25	2.35	-	9	2.3	-	28	3.19	-	14	7.32	-	4	4.31	-	20	3.44
-	26	1.13	-	10	2.2	-	29	1.6	-	15	3.18	-	5	4.42	-	21	4.35
-	27	1.8	-	15	1.9	-	30	2.10	-	16	3.28	-	6	4.33	-	22	3.30
-	28	1.3	-	16	3.12	-	31	2.12	-	17	3.16	-	7	4.15	-	23	2.37
-	29	2.10	-	17	4.17	XI	1	1.4	-	18	2.6	-	9	4.23	-	24	1.22
-	30	2.9	-	19	4.64	-	2	2.3	-	19	2.4	-	10	4.22	-	25	3.43
X	1	1.5	-	20	4.27	-	3	2.5	-	20	1.1	-	11	3.12	-	26	1.20
-	2	2.6	-	21	4.12	-	4	3.7	-	22	2.18	-	12	2.12	-	27	3.46
-	3	1.5	-	22	4.34	-	6	4.6	-	23	2.17	-	13	2.10	-	28	3.28
-	4	1.1	-	23	4.12	-	7	3.10	-	25	2.6	-	14	3.19	-	29	3.8
-	5	0.0	-	24	5.17	-	9	5.32	-	26	2.8	-	16	1.4	-	30	3.26
-	6	1.2	-	25	5.16	-	10	6.35	-	27	2.7	-	17	2.13	-	31	4.12
-	7	1.2	-	26	3.12	-	11	6.24	XII	1	3.15	-	18	3.32			

745) Sonnenfleckenbeobachtungen auf dem Haverford-College observatory in Pennsylvanien. Briefliche Mitteilung von Herrn Direktor W. H. Collins (Forts. zu 727).

Die Beobachtungen sind von Herrn Prof. Collins am 8-zöll. Equatorial bei 60-facher Vergrösserung gemacht worden; die Lücke zwischen Jan. 4 und Febr. 21 wurde durch Krankheit, diejenige von Aug. 1 bis Sept. 16 durch Abwesenheit des Beobachters verursacht.

1896			1896			1896			1896			1896			1896		
I	2	3.28	III	28	3.21	V	10	2.14	VI	21	1.25	IX	16	1.130	X	31	1.12
-	3	3.20	IV	4	7.54	-	11	2.3	-	22	3.46	-	19	3.170	XI	2	1.6
-	4	2.14	-	5	9.72	-	12	1.1	-	23	2.40	-	20	3.109	-	9	1.44
II	21	3.66	-	8	3.41	-	13	1.5	-	27	2.47	-	21	4.89	-	10	2.66
-	22	5.72	-	9	3.27	-	15	0.0	-	29	2.23	-	23	4.38	-	17	3.27
-	23	5.104	-	12	1.8	-	16	0.0	-	30	2.10	-	24	3.50	-	18	2.13
-	24	4.79	-	13	1.5	-	17	1.1	VII	1	3.38	-	25	3.47	-	22	2.17
-	25	4.68	-	14	0.0	-	18	1.4	-	2	2.25	-	26	1.17	-	24	2.13
-	27	5.110	-	17	0.0	-	19	1.14	-	3	2.25	-	30	2.11	-	25	2.11
III	3	5.48	-	18	2.9	-	24	1.2	-	11	3.14	X	1	1.10	XII	6	4.29
-	4	5.53	-	19	1.25	-	27	5.42	-	12	3.20	-	2	1.8	-	7	5.47
-	5	5.43	-	20	3.30	-	29	4.59	-	13	4.59	-	7	1.3	-	10	4.33
-	7	4.22	-	22	5.15	VI	1	3.46	-	14	3.32	-	8	1.2	-	11	2.10
-	9	3.10	-	23	5.35	-	2	5.38	-	17	3.57	-	9	1.1	-	13	2.15
-	13	2.14	-	25	3.25	-	3	4.30	-	18	3.55	-	15	1.12	-	14	3.18
-	14	3.15	-	26	3.31	-	4	4.14	-	19	5.87	-	16	2.18	-	17	3.18
-	18	4.21	-	29	1.5	-	5	2.9	-	25	2.19	-	19	1.34	-	19	7.43
-	20	3.8	-	30	2.17	-	6	3.12	-	26	2.18	-	21	2.44	-	21	4.52
-	21	6.21	V	4	3.20	-	11	4.69	-	27	2.13	-	22	2.34	-	23	2.34
-	24	3.28	-	5	3.23	-	12	4.57	-	28	2.11	-	24	3.18	-	24	2.21
-	25	4.33	-	6	1.4	-	15	3.28	-	29	2.8	-	25	4.18	-	27	3.55
-	26	4.30	-	7	2.16	-	19	2.6	-	30	1.10	-	26	4.12	-	28	4.34
-	27	2.22	-	9	0.0	-	20	2.13	-	31	1.9	-	27	3.16	-	31	4.24

746) Sonnenfleckenbeobachtungen von Herrn Pfarrer Max Maier in Schaufling (Bayern). (Forts. zu 731).

Instrument: Fernrohr von 7 *cm* Oeffnung und 60-facher Vergrösserung.

1896			1896			1896			1896			1896			1896		
I	10	1.1	III	18	3.9	V	16	0.0	VI	30	2.13	VIII	20	5.11	X	11	4.6
-	11	1.1	-	19	4.10	-	18	2.5	VII	2	4.23	-	21	2.14	-	16	3.13
-	12	2.4	-	20	4.7	-	19	1.5	-	5	5.9	-	23	2.35	-	18	5.33
-	19	3.4	-	21	5.9	-	20	1.12	-	6	5.7	-	25	2.22	-	19	6.24
-	24	2.2	-	22	2.7	-	24	1.2	-	7	6.18	-	28	2.23	-	21	5.35
-	27	5.12	-	23	4.19	-	25	2.8	-	8	5.17	-	29	2.20	-	22	6.27
-	28	3.10	-	24	4.25	-	26	4.14	-	9	5.12	-	30	4.23	-	23	5.23
II	5	6.14	-	25	3.18	-	27	4.26	-	10	3.5	-	31	5.20	-	25	5.13
-	12	2.11	-	26	4.21	-	28	4.33	-	11	4.6	IX	3	4.10	-	26	3.8
-	14	2.13	-	29	2.15	-	29	4.31	-	12	4.7	-	4	3.8	-	28	3.11
-	16	1.11	-	30	4.26	-	30	2.16	-	13	7.19	-	5	1.6	-	30	2.11
-	17	1.5	IV	3	6.33	VI	1	3.20	-	14	7.31	-	6	2.6	-	31	2.8
-	18	2.7	-	12	3.7	-	2	4.16	-	15	5.20	-	7	3.5	XI	6	3.5
-	19	3.7	-	16	0.0	-	3	3.17	-	16	5.33	-	8	4.28	-	9	6.39
-	20	3.14	-	17	0.0	-	4	4.17	-	20	5.43	-	9	5.50	-	13	8.26
-	21	2.17	-	20	2.13	-	5	3.8	-	21	6.39	-	16	3.85	-	16	4.26
-	22	5.23	-	21	5.25	-	8	2.13	-	25	3.17	-	18	3.100	-	21	3.10
-	23	7.38	-	22	4.20	-	9	4.12	-	26	2.8	-	24	5.36	-	25	1.2
-	24	5.43	-	24	2.9	-	10	4.28	-	28	4.11	-	27	2.16	-	26	2.11
-	25	4.29	-	25	3.16	-	11	5.34	-	31	1.7	X	1	2.7	-	29	3.15
-	26	5.46	-	26	3.23	-	14	4.47	VIII	1	1.5	-	2	1.8	XII	2	4.19
-	29	6.30	-	27	4.30	-	15	4.51	-	3	5.8	-	3	1.4	-	4	4.20
III	3	5.46	-	28	3.19	-	17	4.26	-	10	3.5	-	5	0.0	-	9	4.33
-	13	1.5	V	8	4.18	-	21	2.18	-	11	2.4	-	6	1.1	-	17	3.21
-	14	3.5	-	10	3.9	-	22	4.33	-	14	3.10	-	7	1.1	-	30	5.22
-	15	3.6	-	11	2.3	-	23	4.56	-	15	3.14	-	8	2.3			
-	16	2.2	-	12	1.1	-	27	4.32	-	18	5.23	-	9	1.1			
-	17	2.5	-	15	0.0	-	28	3.14	-	19	4.12	-	10	1.7			

747) Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte in Jurjew (Dorpat) im Jahre 1896. Briefliche Mitteilung von Herrn Prof. Lewitzky, Direktor der Sternwarte (Forts. zu 730).

Die Zählungen sind durch Herrn Scharbe, Assistent der Sternwarte, mit einem Fernrohr von 8 *cm* Oeffnung im projicierten Sonnenbilde von ca. 20 *cm* Durchmesser gemacht worden.

1896			1896			1896			1896			1896			1896		
I	9	4.6	II	25	4.49	IV	7	4.46	V	5	3.14	V	27	4.30	VI	10	4.36
-	11	1.2	-	26	4.53	-	8	3.34	-	7	2.9	-	28	5.35	-	11	4.54
-	15	1.1	-	27	5.42	-	10	2.17	-	8	4.12	-	29	4.42	-	12	4.51
-	20	2.3	III	9	2.4	-	17	0.0	-	10	2.6	VI	1	3.22	-	13	4.57
-	26	4.4	-	10	3.6	-	18	0.0	-	11	2.4	-	2	4.25	-	14	2.33
-	27	4.14	-	11	2.8	-	20	3.14	-	13	1.2	-	3	4.21	-	15	3.46
II	12	2.10	-	26	3.19	-	21	3.26	-	14	1.4	-	4	4.16	-	16	4.38
-	13	2.18	-	31	3.32	-	22	5.14	-	18	2.5	-	5	4.11	-	17	3.32
-	17	1.2	IV	1	4.42	-	24	3.10	-	22	3.12	-	6	3.7	-	18	3.15
-	18	2.5	-	2	4.29	-	25	3.20	-	23	2.7	-	7	3.12	-	19	2.7
-	19	3.11	-	5	6.32	-	26	3.19	-	24	1.3	-	8	3.8	-	20	2.8
-	24	4.27	-	6	4.22	V	2	1.13	-	25	2.5	-	9	4.21	-	24	2.44

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
VI 25	2.45	VII 17	3.40	VIII 2	1.9	IX 1	2.10	X 3	1.5	X 27	3.9
- 26	2.51	- 18	3.59	- 3	1.9	- 2	3.8	- 4	1.6	XI 5	1.17
- 29	2.16	- 19	4.53	- 5	1.4	- 3	2.7	- 5	0.0	- 9	3.29
VII 1	3.19	- 21	5.43	- 11	1.1	- 5	2.8?	- 6	1.1	- 11	4.38
- 4	3.14	- 22	4.49	- 15	3.14	- 7	2.11	- 8	2.4	- 15	3.26
- 5	3.12	- 24	2.25	- 16	3.12	- 10	4.66	- 9	1.2	- 16	3.26
- 10	1.7	- 25	2.19	- 18	4.13	- 14	4.76	- 11	2.4	- 18	2.8
- 11	3.10	- 26	1.4	- 20	1.1?	- 15	3.98	- 14	1.-	- 28	2.10
- 13	4.23	- 28	2.14	- 21	2.6	- 16	3.119	- 15	1.15	XII 2	3.13
- 14	5.30	- 29	2.8	- 22	3.23	- 20	3.61	- 16	2.12	- 6	5.16
- 15	4.26	- 30	1.7	- 30	1.12	- 27	1.15	- 22	4.27		
- 16	4.46	- 31	1.8	- 31	2.7	X 1	2.9	- 24	4.-		

748) Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte in Madrid nach schriftlicher Mitteilung des Herrn Direktor Migl. Merino (Forts. zu 728).

Die Beobachtungen sind durch Herrn Adjunkt Ventosa am Refraktor von 5 *m* Fokaldistanz und 27 *cm* Oeffnung im projicierten Sonnenbilde von 70 *cm* Durchmesser ausgeführt worden.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 1	3.39	II 15	6.29	IV 5	7.59	V 13	3.9	VII 24	3.31	X 26	4.18
- 2	3.23	- 21	4.41	- 6	6.41	- 14	2.5	- 26	3.11	- 31	2.16
- 4	4.22	- 24	5.76	- 8	4.42	- 15	2.2	- 29	2.9	XI 3	3 8
- 5	7.27	- 25	5.72	- 9	4.27	- 16	1.3	- 31	1.6	- 5	2.22
- 9	7.15	- 26	6.58	- 10	4.22	- 18	2.6	VIII 1	1.5	- 7	2.21
- 10	3.3	- 29	5.58	- 11	3.20	- 19	1.12	- 7	0.0	- 8	2.24
- 11	2.2	III 2	6.49	- 12	2.9	- 20	4.11	- 8	1.1	- 9	3.47
- 13	3.14	- 3	7.80	- 13	1.3	- 21	3.15	- 9	2.2	- 11	5.42
- 14	3.6	- 6	5.50	- 14	1.1	- 22	3.13	- 10	2.5	- 12	4.34
- 15	2.5	- 7	6.39	- 15	1.1	- 23	4.16	- 11	2.3	- 16	5.43
- 17	3.7	- 8	5.15	- 16	1.1	- 24	1.4	- 12	4.6	- 18	3.15
- 25	5.9	- 9	3.6	- 19	3.20	- 31	2.37	- 14	3.10	- 19	3.10
- 27	6.28	- 10	4.12	- 20	3.25	VI 5	4.15	- 16	4.26	- 20	3.16
- 28	5.32	- 11	2.11	- 21	5.39	- 6	4.12	- 18	5.31	- 21	4.13
- 31	4.24	- 12	3.8	- 22	6.24	- 9	5.26	X 6	1.1	- 22	3.15
II 2	4.33	- 15	5.15	- 23	7.31	- 10	6.53	- 7	1.1	- 23	2.16
- 3	5.27	- 16	2.2	- 24	4.24	- 11	5.67	- 8	2.5	- 24	2.22
- 4	4.20	- 17	3.10	- 27	6.32	- 12	4.60	- 12	2.11	XII 2	4.26
- 5	5.20	- 18	5.17	- 28	6.38	- 26	4.64	- 13	4.17	- 7	5.26
- 6	5.23	- 20	7.14	- 29	4.12	- 27	4.34	- 14	3.26	- 9	5.40
- 7	4.25	- 21	7.24	- 30	5.11	- 30	4.20	- 15	2.18	- 16	2.35
- 8	6.31	- 26	6.32	V 1	4.17	VII 8	3.15	- 16	2.15	- 21	6.37
- 9	5.21	- 27	4.19	- 2	2.15	- 9	2.17	- 17	3.19	- 26	3.44
- 10	4.11	- 28	4.27	- 3	3.14	- 11	3.18	- 19	4.38	- 28	3.33
- 11	3.13	- 30	4.31	- 4	4.21	- 13	5.39	- 20	3.47	- 29	5.24
- 12	3.26	- 31	4.64	- 8	4.20	- 18	4.74	- 23	4.34	- 30	5.30
- 13	4.20	IV 1	4.57	- 9	3.7	- 20	5.49	- 24	5.29		
- 14	6.35	- 4	7.52	- 11	3.7	- 22	4.58	- 25	6.17		

749) Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte des Collegio romano (Memorie della società degli spettroscopisti italiani, raccolte e pubblicate per cura del Prof. P. Tacchini). (Forts. zu 732.)

Von Herrn Prof. Tacchini werden folgende Zählungen mitgeteilt. (Die nachstehend gegebenen Fleckenzahlen sind je die Summen der in den „Memorie“ getrennt aufgeführten „macchie“ und „fori“.)

1896			1896			1896			1896			1896			1896		
I	1	5.13	II	18	2.5	IV	14	0.0	VI	8	2.5	VII	21	3.20	IX	6	1.2
-	2	3.9	-	19	3.6	-	15	0.0	-	9	4.9	-	22	2.11	-	7	2.6
-	3	2.4	-	20	3.13	-	17	0.0	-	10	4.19	-	23	4.13	-	8	3.23
-	4	2.4	-	23	5.39	-	18	0.0	-	11	4.31	-	24	3.15	-	9	5.36
-	5	3.8	-	27	6.41	-	19	1.6	-	12	4.34	-	25	3.13	-	10	4.25
-	6	5.12	-	28	6.30	-	24	2.8	-	13	4.28	-	26	1.4	-	11	5.28
-	7	4.6	-	29	5.21	-	25	2.8	-	14	2.16	-	27	1.4	-	12	7.38
-	8	3.8	III	1	5.22	-	26	3.11	-	15	3.22	-	28	2.4	-	13	6.27
-	13	2.8	-	3	6.34	-	27	4.16	-	16	3.17	-	30	1.3	-	14	5.42
-	14	1.3	-	6	3.18	-	28	4.12	-	17	3.12	-	31	1.4	-	15	3.33
-	16	1.1	-	7	3.12	-	29	1.1	-	18	2.8	VIII	1	1.3	-	16	2.44
-	17	1.2	-	9	2.3	-	30	1.3	-	19	1.2	-	2	1.4	-	17	3.41
-	18	2.2	-	10	3.6	V	3	1.7	-	20	2.6	-	3	1.3	-	18	3.49
-	19	2.2	-	11	2.4	-	4	1.7	-	21	1.5	-	4	1.2	-	19	3.33
-	20	2.3	-	12	2.5	-	5	2.8	-	22	2.10	-	6	0.0	-	21	5.44
-	21	2.3	-	13	2.7	-	6	1.2	-	23	2.13	-	7	0.0	-	22	5.32
-	22	2.3	-	14	3.5	-	7	2.6	-	24	2.19	-	8	0.0	-	23	7.45
-	24	2.2	-	15	3.5	-	8	3.10	-	25	2.22	-	9	1.1	-	24	5.41
-	25	3.3	-	16	2.2	-	9	0.0	-	27	3.20	-	10	1.1	-	25	2.31
-	26	3.3	-	17	2.3	-	10	2.4	-	28	3.8	-	12	1.1	-	26	1.19
-	27	3.6	-	18	3.7	-	11	2.6	-	29	2.10	-	13	3.3	-	27	2.13
-	28	3.7	-	21	2.2	-	12	1.2	-	30	1.6	-	14	3.5	-	28	2.7
-	29	3.11	-	22	2.8	-	13	1.2	VII	1	3.14	-	15	3.15	-	29	4.10
-	30	1.7	-	23	4.16	-	14	1.1	-	2	2.10	-	16	3.14	-	30	3.9
-	31	2.7	-	24	3.12	-	15	0.0	-	3	2.8	-	17	4.14	X	3	2.11
II	1	5.14	-	26	3.10	-	16	0.0	-	4	3.9	-	18	5.15	-	4	1.5
-	2	4.11	-	27	3.14	-	17	0.0	-	5	2.7	-	19	4.7	-	5	0.0
-	3	3.11	-	28	2.14	-	19	1.6	-	6	5.8	-	20	1.1	-	6	1.1
-	4	4.13	-	29	2.12	-	20	1.5	-	7	4.12	-	22	3.11	-	7	1.1
-	5	6.12	-	30	3.11	-	21	2.6	-	8	5.12	-	24	1.13	-	8	2.6
-	6	4.9	-	31	7.26	-	22	2.7	-	9	4.9	-	25	1.9	-	9	1.1
-	7	3.8	IV	1	7.28	-	24	1.3	-	10	3.4	-	26	2.5	-	10	1.1
-	8	3.9	-	2	7.24	-	25	2.6	-	11	3.6	-	27	2.6	-	11	2.13
-	9	1.4	-	3	7.23	-	27	4.15	-	12	2.3	-	28	1.8	-	15	1.13
-	10	2.5	-	5	6.28	-	29	3.13	-	13	5.12	-	29	1.11	-	16	1.5
-	11	3.8	-	6	5.18	-	30	3.8	-	14	3.18	-	30	2.11	-	17	4.13
-	12	2.6	-	7	4.20	VI	1	2.13	-	15	3.13	-	31	2.8	-	18	4.16
-	13	2.13	-	8	3.15	-	2	2.11	-	16	3.16	IX	1	2.7	-	19	5.38
-	14	1.5	-	10	2.11	-	4	4.7	-	17	4.16	-	2	2.5	-	20	4.22
-	15	3.12	-	11	2.10	-	5	2.3	-	18	4.26	-	3	2.4	-	21	6.38
-	16	2.8	-	12	1.7	-	6	3.4	-	19	4.20	-	4	2.4	-	22	4.28
-	17	1.4	-	13	1.1	-	7	3.5	-	20	5.23	-	5	3.6	-	25	4.11

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
X 26	3.9	XI 9	5.25	XI 18	3.7	XII 4	3.11	XII 22	3.13	XII 30	4.13
- 28	2.5	- 10	6.23	- 19	1.2	- 7	4.13	- 23	2.11	- 31	3.6
- 30	2.5	- 11	7.28	- 23	2.10	- 8	5.17	- 25	2.14		
XI 1	1.4	- 12	7.34	- 24	2.5	- 11	3.12	- 26	3.18		
- 5	3.12	- 13	6.22	- 29	2.6	- 14	2.10	- 27	3.18		
- 7	4.9	- 14	1.21	- 30	3.8	- 15	2.14	- 28	4.15		
- 8	4.9	- 17	5.35	XII 1	2.9	- 20	1.3	- 29	4.10		

750) Sonnenfleckenbeobachtungen auf dem astrophysikalischen Observatorium in Ogyalla. Aus „Beobachtungen, angestellt am meteorologisch-magnetischen Centralobservatorium in Ogyalla". Herausgegeben vom Direktor, Herrn Dr. N. v. Konkoly. (Forts. zu 733).

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 1	3.14	III 6	3.20	V 19	1.4	VII 13	3.7	IX 5	1.2	X 31	1.2
- 2	3.8	- 18	3.7	- 20	1.2	- 14	2.4	- 6	1.2	XI 3	1.1
- 6	6.14	- 19	4.8	- 27	2.5	- 15	3.10	- 8	2.6	- 4	1.4
- 10	1.1	- 20	4.5	- 28	3.8	- 16	3.10	- 12	3.20	- 6	1.5
- 11	1.1	- 21	4.7	- 29	2.7	- 21	2.7	- 13	4.12	- 10	3.10
- 13	3.6	- 22	3.11	VI 2	2.5	- 23	3.8	- 18	2.19	- 11	4.13
- 18	1.2	- 23	3.15	- 3	3.12	- 26	1.4	- 19	3.31	- 13	4.9
- 19	1.4	- 24	3.12	- 8	2.2	- 28	2.2	- 24	1,6	- 14	4.10
II 2	3.10	- 25	3.14	- 9	3.4	- 29	1.2	- 29	1.3	- 23	2.6
- 4	3.12	- 26	4.9	- 11	4.21	- 31	1.3	X 1	0.0	- 25	1.1
- 8	4.17	IV 8	3.13	- 16	3.13	VIII 15	3.10	- 2	0.0	- 26	2.5
- 14	1.4	- 21	3.10	- 17	3.9	- 18	4.5	- 6	0.0	- 29	1.1
- 17	1.2	- 22	3.4	- 19	1.1	- 19	3.3	- 7	1.1	XII 2	3.12
- 18	2.4	- 23	2.5	- 20	2.4	- 21	1.2	- 8	1.1	- 3	3.6
- 20	3.10	- 25	3.6	- 29	2.8	- 24	1.11	- 9	1.1	- 4	3.9
- 22	5.28	- 29	1.1	- 30	2.5	- 26	2.7	- 10	1.1	- 7	4.8
- 23	4.33	V 8	0.0	VII 7	2.6	- 27	2.6	- 17	2.6	- 8	5.9
- 24	4.24	- 9	2.3	- 8	2.7	IX 2	2.4	- 26	2.3	- 9	4.10
III 1	5.18	- 14	0.0	- 10	1.3	- 3	2.3	- 27	2.3	- 30	4.14
3	5.26	- 18	1.1	- 12	2.5	- 4	2.3	- 29	1.2	- 31	3.4

751) Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte in Charkow im Jahre 1896. Briefliche Mitteilung von Herrn J. Sykora. (Forts. zu 734.)

Die Beobachtungen sind wie bisher durch Herrn Sykora an einem 6-zöll. Refraktor bei projiciertem Sonnenbilde gemacht worden.

Die Unterbrechung der Beobachtungen vom Juni bis September ist, wie Herr Sykora beifügt, durch eine dreimonatliche Abwesenheit verursacht, während welcher Herr Sykora sich zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis nach Lappland begeben hatte.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 2	3.39	III 22	4.47	V 5	3.46	IX 5	3.16	X 4	1.24	X 26	2.33
- 10	2.6	- 25	5.77	- 12	1.4	- 7	3.30	- 5	0.0	- 27	2.12
- 13	3.25	IV 7	3.71	- 14	2.20	- 9	4.108	- 6	1.1	XI 7	2.16
- 19	2.6	- 8	3.90	- 18	2.12	- 10	5.133	- 8	2.8	- 11	4.94
- 22	2.3	- 10	2.36	- 20	3.28	- 13	5.194	- 10	2.17	- 16	3.43
- 26	4.13	- 11	3.54	- 21	3.19	- 18	4.288	- 11	2.28	- 18	3.63
- 28	5.58	- 15	1.1	- 24	1.6	- 19	4.205	- 12	2.42	- 24	2.19
II 14	6.87	- 17	0.0	- 26	3.44	- 20	3.259	- 14	2.34	- 26	2.45
- 16	3.26	- 21	3.69	- 30	3.101	- 21	4.147	- 15	1.35	- 27	2.38
- 25	4.122	- 24	4.69	- 31	2.111	- 22	4.122	- 16	2.35	XII 1	2.41
III 2	5.110	- 26	3.81	VI 2	5.72	- 28	3.43	- 20	1.60	- 5	5.112
- 12	3.16	V 3	1.39	IX 3	3.34	- 30	2.16	- 23	1.40	- 18	3.57
- 15	3.15	- 4	2.35	- 4	3.25	X 1	1.23	- 25	2.30		

752) Beobachtungen der Sonnenflecken auf der Sternwarte in Catania. Briefliche Mitteilung von Herrn Prof. A. Riccó, Direktor der Sternwarte (Forts. zu 729).

Die Beobachtungen sind wie bisher durch Herrn A. Mascari am Refraktor von 33 *cm* Oeffnung im projicierten Sonnenbilde von 57 *cm* Durchmesser ausgeführt worden, an den mit *r* bezeichneten Tagen von Herrn Prof. Riccó selbst.

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
I 2	4.18*r*	II 10	4.13	III 20	7.13	IV 24	3.24	V 28	5.44	VI 29	2.20
- 3	4.17	- 11	3.12	- 21	5.15	- 25	4.17	- 29	4.28	- 30	3.12
- 4	4.16	- 12	3.16	- 22	5.37	- 26	4.25	- 30	4.28	VII 1	3.31
- 5	8.33	- 13	2.25	- 23	5.39	- 27	4.35	- 31	2.15	- 2	2.19
- 6	6.24	- 14	6.32	- 24	6.40	- 28	4.28	VI 1	3.39	- 3	3.19
- 7	5.9	- 15	3.17	- 26	6.25	- 30	5.15	- 2	4.23	- 4	3.16
- 8	3.9	- 16	3.15	- 27	3.21	V 1	3.15	- 3	5.16	- 5	4.17
- 9	5.8	- 17	1.9	- 28	3.18	- 2	2.24	- 4	4.11	- 6	5.18
- 11	2.5	- 18	2.6	- 31	4.44	- 3	1.30	- 5	4.9	- 7	4.28
- 12	1.2	- 19	3.10	IV 1	6.47	- 4	2.11	- 6	4.5	- 8	5.19
- 13	3.22	- 26	6.107	- 3	7.72	- 5	3.15	- 7	3.12	- 9	4.12
- 14	3.7	- 27	5.96	- 4	6.59	- 6	3.11	- 8	3.8	- 10	3.11
- 16	2.3	- 28	6.77	- 5	8.41	- 7	2.17	- 9	4.13	- 11	4.18
- 17	1.1	- 29	5.82	- 6	6.38	- 8	4.22	- 10	4.17	- 12	5.26
- 18	2.2	III 1	5.60	- 7	6.34	- 9	2.2	- 11	4.39	- 15	3.22
- 19	2.5	- 2	6.66	- 8	3.19	- 10	2.8	- 12	4.45	- 16	3.23
- 20	2.5	- 3	7.67	- 9	3.43	- 11	3.9	- 13	3.40	- 17	5.47
- 21	2.2	- 4	7.80	- 11	2.15	- 12	2.3	- 14	2.36	- 18	4.58
- 22	2.2	- 5	6.62	- 12	1.11	- 13	2.6	- 15	4.48	- 19	4.82
- 26	5.9	- 6	4.84	- 13	1.5	- 14	1.1	- 16	6.43	- 20	5.54
- 28	5.25	- 7	4.26	- 14	0.0	- 15	0.0	- 18	3.18	- 21	6.91
- 30	4.15	- 8	5.17	- 15	0.0	- 16	0.0	- 19	2.6	- 22	3.52
- 31	4.13	- 9	3.9	- 16	0.0	- 17	1.2	- 20	3.20	- 23	3.16
II 1	3.26	- 10	4.15	- 17	0.0	- 18	2.8	- 21	1.11	- 25	2.24
- 2	5.31	- 12	3.9	- 18	1.1	- 19	1.8	- 22	2.16	- 26	2.8
- 3	6.27	- 13	4.14	- 19	1.10	- 20	1.11	- 23	3.57	- 27	3.13
- 6	5.18	- 14	4.7	- 20	3.26	- 21	2.12	- 24	3.62	- 28	2.13
- 7	4.31	- 15	6.12	- 21	5.43	- 22	3.15	- 25	2.43	- 29	2.9
- 8	6.44	- 16	3.5	- 22	6.30	- 23	3.10	- 26	2.31	- 30	1.8
- 9	4.21	- 17	2.5	- 23	6.27	- 27	5.41	- 28	3.15	- 31	1.5

1896		1896		1896		1896		1896		1896	
VIII 1	1.4	VIII 23	3.27	IX 16	4.121	X 11	2.6	XI 8	4.31	XII 6	6.47
- 2	2.12	- 24	3.24	- 17	4.118	- 12	2.21	- 10	7.48	- 7	4.20
- 3	1.5	- 25	2.24	- 18	3.109	- 13	2.11	- 11	7.56	- 8	5.30
- 4	2.4	- 26	2.11	- 19	3.109	- 14	2.15	- 12	6.46	- 9	5.47
- 5	2.7	- 27	2.18	- 20	4.87	- 15	2.24	- 13	5.31	- 10	4.20
- 6	1.5	- 28	3.24	- 21	4.68	- 16	3.20	- 14	7.49	- 11	3.11
- 7	0.0	- 30	4.28	- 22	4.71	- 17	5.22	- 15	5.47	- 12	3.34
- 8	0.0	- 31	4.21	- 23	4.43	- 18	4.31	- 17	4.15	- 13	2.13
- 9	2.3	IX 1	4.27	- 24	5.64	- 19	4.29	- 18	4.22	- 15	2.19
- 10	2.5	- 2	3.10	- 25	2.37*r*	- 20	4.37	- 19	1.1	- 16	3.28
- 11	2.3	- 4	3.22*r*	- 26	2.21	- 22	4.32	- 20	1.7	- 17	3.27
- 12	4.5	- 5	4.11	- 28	1.12	- 23	5.50	- 21	4.13	- 18	3.25
- 13	4.5	- 6	3.8	- 29	2.13	- 24	5.20	- 22	3.18	- 22	4.42
- 14	3.9	- 7	2.11	- 30	3.13	- 26	4.17	- 25	2.15	- 23	3.32
- 15	4.25	- 8	3.35	X 1	2.10	- 27	3.6	- 26	2.18	- 24	3.26
- 16	4.37	- 9	5.56	- 2	1.3	- 28	3.19	- 27	2.14	- 27	3.34
- 17	5.32	- 10	5.42	- 5	0.0	- 29	1.12	- 28	3.18	- 29	5.23
- 18	5.28	- 11	6.48	- 6	1.1	- 30	2.13	- 29	2.13	- 30	7.25
- 19	5.28	- 12	7.34	- 7	1.1	- 31	2.15	XII 1	2.20	- 31	5.24
- 20	6.27	- 13	5.38	- 8	2.3	XI 1	3.15	- 3	6.23		
- 21	5.26	- 14	6.64	- 9	1.1	- 4	2.16	- 4	4.31		
- 22	3.30	- 15	3.75	- 10	1.1	- 5	2.19	- 5	5.46		

753) Beobachtungen der magnetischen Deklinations-Variation in Mailand. Briefliche Mitteilung von Herrn Prof. Schiaparelli. (Forts. zu 735.)

Nach den Beobachtungen des Herrn Dr. Rajna ergeben sich für 1896 folgende Monatsmittel der täglichen Variation (2^h—20^h Ortszeit), denen sodann noch der Zuwachs gegen 1895 beigefügt ist.

1896	Variation 2^h-20^h	Zuwachs gegen 1895
Januar	3'.24	+0'.54
Februar	4.72	—0.51
März	9.30	+0.34
April	11.54	—0.37
Mai	9.67	—1.55
Juni	9.65	—3.13
Juli	9.10	—5.79
August	8.63	—1.26
September	8.23	—0.29
Oktober	6.17	-0.56
November	2.81	—0.77
Dezember	1.82	—1.13
Jahr:	7.07	—1.21

754) Beobachtungen der magnetischen Deklinations-Variation in Christiania. Nach brieflicher Mitteilung von Herrn Prof. Geelmuyden (Forts. zu 736).

1896	Variation 2^h-21^h	Zuwachs gegen 1895
Januar	2'.68	+0'.47
Februar	5.47	+0.65
März	8.83	—0.16
April	10.23	—0.54
Mai	8.93	—1.29
Juni	7.96	—4.29
Juli	8.84	—1.73
August	8.45	—0.05
September	8.21	+0.19
Oktober	4.61	—1.19
November	2.88	—0.33
Dezember	2.11	+0.03
Jahr:	6.60	—0.69

755) Beobachtungen der magnetischen Deklinations-Variation in Prag. Nach brieflicher Mitteilung des Herrn Prof. Weinek, Direktor der Sternwarte (Forts. zu 737).

1896	Variation	Zuwachs gegen 1895
Januar	6'.04	+1'.86
Februar	6.15	—0.51
März	7.90	—0.08
April	11.12	—0.62
Mai	10.10	—1.79
Juni	9.94	—4.22
Juli	10.72	—1.43
August	9.58	—0.47
September	8.53	—0.08
Oktober	6.19	—1.09
November	4.62	—0.67
Dezember	2.62	—1.42
Jahr:	7.79	—0.88

756) Beobachtungen der magnetischen Deklinations-Variation in Wien. Aus dem Anzeiger der k. k. Akademie ausgezogen. (Forts. zu 738).

Die Monatsmittel der auf der hohen Warte bei Wien täglich um 7^h, 2^h und 9^h beobachteten Deklinationen ergeben folgende Variationen als Differenzen zwischen je dem für 2^h erhaltenen und dem kleinern der beiden übrigen Werte.

1896	Variation	Zuwachs gegen 1895
Januar	5'.87	+1'.26
Februar	5.04	+0.20
März	7.71	—1.08
April	10.24	—1.16
Mai	10.49	—1.74
Juni	9.82	—4.39
Juli	10.37	—1.08
August	10.01	+0.40
September	8.72	+0.48
Oktober	5.96	—1.12
November	4.33	—0.39
Dezember	5.57	+2.57
Jahr:	7.84	—0.51

Geologische Nachlese.

Von

Albert Heim.

Unter dieser gemeinsamen Ueberschrift habe ich in der Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich bis jetzt folgende Aufsätze publiziert: 1. Die Entstehung der alpinen Randseen, 2. Das Alter der Eiszeit, 3. Der Eisgang der Sihl in Zürich am 3. Februar 1893, 4. Der diluviale Bergsturz von Glärnisch-Guppen, 5. A. Rothpletz in den Glarner Alpen und 6. Stauungsmetamorphose an Walliser Anthracit und einige Folgerungen daraus. Da die letztgenannte Publikation sich im Jahrg. XLI 1896, der zugleich der Jubelband zur Stiftungsfeier des 150jährigen Bestandes der Gesellschaft ist, befindet, ist sie dort nicht speciell als Nr. 6 dieser Nachlese bezeichnet worden, soll aber dafür gelten. Ich lasse heute folgen:

Nr. 7.

Quellerträge in Schächten und deren Bestimmung.

Im Laufe meiner quellentechnischen Praxis bin ich schon sehr oft vor die Frage gestellt worden: Welchen Wasserertrag wird dieser neue Quellschacht auf die Dauer liefern können. In vielen Fällen lassen sich zur Beantwortung selbst durch direkte Beobachtung während mehrerer Tage keine Anhaltspunkte gewinnen. Als Versuchsgrabungen vor grösseren Quellfassungen, bei denen die Situation nicht klar schien, habe ich längst Versuchsschächte so viel als möglich vermieden und nur Versuchsstollen oder Versuchsgraben gemacht, indem diese, weil sie das zutretende Wasser ständig abfliessen lassen, keine Störungen durch vorübergehende Stauungen ermöglichen und viel klarere

Resultate geben. Zu Versuchsgraben fehlt aber oft das Gefälle, die Situation macht sie oft unmöglich. Ganz besonders habe ich aber hier im Auge diejenigen Fälle, wo die dauernde Fassung einer Quelle mit Schacht bewerkstelligt werden muss und das Wasser durch Pumpwerke den Verbrauchsorten zuzuführen ist und innerhalb dieser Fälle wieder besonders diejenigen, wo es sich um von unten heraufsteigende Mineralwasser handelt. Meine Erfahrung geht auch hier wiederum dahin, dass allgemeine Regeln nicht gegeben werden können, dass jeder Fall individuell zu prüfen ist, und bei näherer Prüfung die Quellen fast so mannigfaltig sind, wie die Gesichter der Menschen. Aber immerhin gibt es offenbar Typen und ich glaube, gerade für die schwierigsten ein praktisches Verfahren zur Bestimmung des endgültigen dauernden Ertrages gefunden zu haben.

Wenn ich in diesen Mitteilungen die Erfahrungen nenne, ohne darüber bestimmte, in einzelnen Fällen beobachtete Zahlen zu geben, oder wenn ich Zahlen und Kurven gebe, ohne zu nennen, an welchem Falle ich dieselben beobachtet habe, so geschieht dies blos deshalb, weil ich diese Erfahrungen fast alle bei Gelegenheit privater oder gerichtlicher Expertisen gewonnen habe, bei welchen ich den Auftraggebern Diskretion schulde.

Das Verhalten der Quellerträge in einem Fassungsschacht ist sehr verschieden, je nachdem der Quellschacht in diffus wasserzügiges Gebirge oder auf schon vorhandene kompakte Quelladern abgeteuft wird.

a) Der Quellschacht geht in diffus wasserzügiges Terrain ohne feste, fertiggebildete Quelladern.

In diesem Falle, wenn aus dem Schachte beständig ausgepumpt wird, schaffen wir eine künstliche Quelle. Das Wasser der umgebenden Poren entleert sich in den Schacht. Allmälig bilden sich im Boden ganze Systeme von neuen Gerinnen aus, die nach unserem Schachte führen und die allmälig immer weiter greifen und das der Schachtquelle zugehörige Sammelgebiet immer weiter ausdehnen. In solchen Fällen nimmt der Wasserzufluss nach dem Schachte während der Arbeit zu. Er ist und bleibt um so grösser, je tiefer wir den Schacht in wasserzügigem Boden abteufen, bis wir auf eine undurchlässige Unterlage stossen. Bald erreicht der Wasserertrag seinen Höhepunkt. Er kann längere

Zeit auf demselben verharren. Es entleert sich ein seit langer Zeit in den Bodenporen angestauter Wasservorrat. Das geschieht sehr ungleich rasch je nach der Bodenart. Oft haben sich die alten Stauungen in wenigen Tagen entleert (Wasser aus den Gneisspalten im Gotthardtunnel, Wasser aus Kalkfelsen etc.), oft dauert es mehrere Jahre. Dabei spülen sich die neuen Gerinne im Boden aus. Wasser, die früher anderwärts abflossen, bekommen nun Ueberdruck nach der Neufassung, andere Quellen stehen ab, die neu geschaffene nimmt dafür zu. Durch Aufstauen oder Füllen des Schachtes kann das Wasser wieder auf die früheren Wege getrieben werden. Bestand aber die Neufassung in einem Stollen, so ist ein Ungeschehenmachen nicht mehr möglich. Es haben sich eben dauernde Veränderungen im Boden vollzogen und ein Stollen, nach welchem nun die Wasser neue Gerinne ausgespült haben, lässt sich nicht mehr verschliessen. Die Wasser drängen überall daneben durch und spülen Austrittswege aus.

Nachdem die alten Vorräte rings um die künstliche Schachtquelle herum mehr und mehr sich allmälig entleert haben und nachdem die Gerinne den neuen Wasserdruckverhältnissen entsprechend sich ausgespült haben, — wobei oft lange Zeit das Wasser schwache Trübung zeigte — nimmt der Ertrag ab. Er hängt jetzt eben mehr und mehr nur noch von dem Wasserquantum ab, das auf dem zuständigen Sammelgebiete in entsprechenden Zeiträumen versickert und zur Quellbildung gelangt. Er sinkt auf einen bestimmten Betrag hinab und bleibt dann allmälig stationär mit Ausnahme der aus den Witterungsverhältnissen hervorgehenden Schwankungen, die jetzt viel deutlicher werden, als zur Zeit, da noch alter Vorrat sich entleeren konnte. Eine neu ergrabene Quelle kann auf ihren normal bleibenden Ertrag in leichter durchlässigem Boden in wenigen Wochen zurückgehen, ich habe aber auch schon viele Fälle, und zwar gerade bei mühsam und gut filtrierendem Wasser, erlebt, wo nicht nur während Monaten, sondern während Jahren die neue Quelle grösseren Ertrag vorspiegelt. Der Dettenbergtunnel hat z. B. so gewirkt, dass es 30 Jahre gieng, bis wieder stabile Quellverhältnisse in der Umgebung eingetreten sind, und ebenso lange dauerte es, bis die Wirkungen des Einschnittes der badischen Bahn auf die Quellen

von Laufenburg sich fertig vollzogen hatten. Ganz allmälig senkten sich in dem letzteren Falle seit 1860 die Quellgerinne in den diluvialen Sanden vom Eisenbahneinschnitt an rückwärts langsam tiefer, bis sie endlich 1885 unter die schon vorher mehrmals vertieften Fassungsröhren fielen und die Brunnen abstanden.

Nach dem Sinken des Ertrages einer Neugrabung kommt hie und da im Laufe längerer Zeit, oft erst im Laufe von Jahren, wieder eine deutliche Vermehrung zustande, indessen nicht in hohem Betrage. Sie rührt daher, dass die Ausspülung neuer Gerinne sich immer noch weiter ausgedehnt hat und dadurch das Einzugsgebiet sich noch mehr vergrössert hat. Ich kenne Fälle, wo die bleibende Vermehrung schon wenige Wochen nach Vollendung der Neugrabung sich geltend gemacht und den Ertrag um 10—20% gesteigert hat; andere, in schwer durchlässigem Boden, wo es in ähnlichem Masse erst nach Verlauf von 1—2 Jahrzehnten eingetreten ist; endlich viele solche, wo sich nichts von nachträglicher Vermehrung bemerken liess. Die unter dem Einfluss einer Neugrabung dauernd veränderten und neu gegen die Grabung hin ausgespülten Gerinnsysteme geben sich sehr deutlich noch durch andere Erscheinungen zu erkennen:

Neuergrabene Quellen sind oft erst ziemlich konstant, sie werden im Laufe der Jahre schwankender. Ich kann diese mir oft deutlich vor Augen getretene Thatsache nicht anders erklären, als indem ich annehme, dass durch die allmälig gründlicher ausgespülten Gerinne das Wasser sich schneller bewegt, seine Verzögerung und Ertragsausgleichung deshalb — und gewiss auch seine feine Filtration — abnimmt.

Wenn man in einem Quellschacht, der einige Jahre im Betriebe war, das Pumpwerk sistiert und das Wasser steigen lässt, bis entfernte, allfällig früher abgegrabene Quellen, wieder fliessen und nun nachher wieder auspumpt, so erhält man einen viel grösseren Zufluss, als er jemals bei der ersten Anlage des Quellschachtes beobachtet werden konnte. Das jetzt im Boden gestaute Wasser entleert sich diesmal viel schneller als früher nach unserem Schachte und schon nach wenigen Stunden oder Tagen, nicht erst nach Jahren, stehen die früher abgegrabenen Quellen abermals ab.

Bei Neugrabungen finden wir also fast immer zuerst steigenden hohen Ertrag, dann Sinken bis zu einem Minimum, dann hie und da wieder etwas Zunahme.

Nachstehende drei Kurven illustrieren den Wechsel der Erträge in Minutenlitern *ML* (Ordinaten) mit der Zeit in Jahren *J* (Abscissen), und zwar *a* für eine Quelle aus klüftigem Sandstein, *b* für eine solche aus Glacialboden, *c* aus Kalkfels. Die gestrichelten Teile der Kurven bedeuten Quellerträge während der Periode der Entleerung angestauter alter Vorräte, die punktierten Kurventeile beziehen sich auf die bleibende Quelle.

Eine alte, gute Regel der Quellfasser geht dahin, man solle die Fassung so lange vertiefen, als noch Wasser von unten in die Fassung quillt.

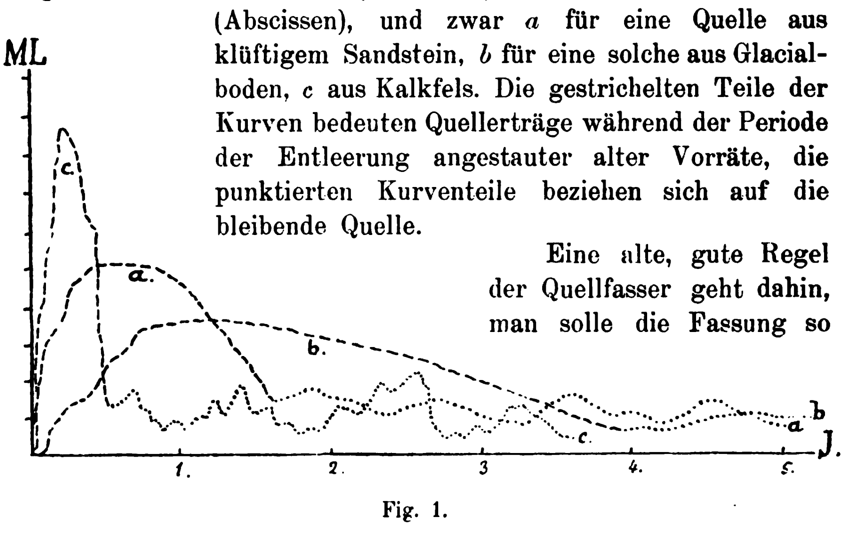


Fig. 1.

Sie ist durchaus richtig, denn so lange vergrössern wir das Sammelgebiet der Neufassung, so lange beeinflussen wir die Druckverhältnisse immer mehr in dem Sinne, dass das Wasser vollständiger unserer Neugrabung zufliessen muss, so lange stechen wir noch tiefere und deshalb konstantere Wasseradern an und erst wenn kein Wasser mehr von unten aufquillt, haben wir undurchlässige Fassungsunterlage gewonnen. Indessen machen es die Gefällsverhältnisse der Oberfläche, die Höhenlage der Wasserverbrauchspunkte oft von vornherein unmöglich, dieser Regel ganz gerecht zu werden.

b) Der Quellschacht ist ausgeführt, um eine bestimmte kompakte Quelle, die in einem Gerinne oder einem gedrängten Büschel von Gerinnen von Natur fertig gegeben ist, zu fassen.

Ich möchte hier für diesmal nur diejenigen Erscheinungen besprechen, wie sie sich gewöhnlich bei der Fassung von Mineral-

quellen zeigen. Hier haben wir wiederum zwei Möglichkeiten zu unterscheiden, die ganz verschiedenes Verhalten ergeben: Entweder steigen die Quellgerinne aus bedeutender Tiefe auf, oder die Quellgerinne haben in erreichbarer Tiefe flachen Lauf.

Tieferes oder weniger tiefes Abpumpniveau im Quellschacht hat bei fertig gegebenen Mineralquellen keinen Einfluss auf die Ausdehnung des Sammelgebietes und den durch das Sammelgebiet bedingten Ertrag. Wohl aber beeinflusst es den Ertrag bei aufsteigenden Quelladern durch Veränderung des Gegendruckes. Wenn man bei einer aufsteigenden Quellader das Ausflussniveau oder Abpumpniveau tiefer setzt, nimmt ihr Ertrag dauernd etwas zu; setzt man es höher, so nimmt er dauernd etwas ab. Liefern näher oder ferner zusammenhängende Gerinne eines Büschels mehrere Quellen, was wohl meistens zutrifft, auch wo nur eine einzige sichtbar und bekannt ist, so vermindert sich der Ertrag der andern bei Tiefersetzen des Abflussniveau der einen, und es vermehrt sich der Ertrag der andern bei Höherstauen des Abflussniveaus der einen. Die sofort oder nach wenigen Stunden eintretenden Folgen solcher Veränderungen sind aber nicht sofort dauernd, vielmehr kann es Monate und Jahre gehen, bis die Erträge sich stabil den neuen Druckverhältnissen entsprechend angepasst haben. Auch da handelt es sich um allmälig andere Ausspülung der Gerinne, Erweiterung der einen, teilweise Verschlammung der andern. In dieser Beziehung brauche ich nur zu verweisen auf die Untersuchungen, welche von Escher, Mousson und Culmann an den Thermen in Baden a. d. Limmat, welche von andern in Aachen und Burtscheid etc. ausgeführt worden sind. Es werden in der bezüglichen Literatur viele solche Beispiele genannt. Selbst die Luftdruckdifferenzen können den Quellertrag aufsteigender Adern beeinflussen.

Bei jeder aufsteigenden Quellader können wir uns eine Höhe denken, in welche aufgestaut ihr Ertrag auf Null heruntersinkt. Das ist ihre Stauhöhe. Bei vielen in Schächten gefassten Thermalwassern liegt diese maximale natürliche Stauhöhe unter der jetzigen Bodenoberfläche, sodass Pumpwerke oder kellertiefe Badeanlagen notwendig sind, um das Wasser zu benützen. Bei den meisten Mineralquellen ist die Stauhöhe verschieden von

derjenigen der umgebenden gewöhnlichen Wasser, und diese Verschiedenheit ist stets ein willkommenes Zeichen für gute Trennung der beiden Wasserarten.

Eine Frage, die bei solchen Untersuchungen und Neufassungen sich stellt, ist jeweilen für den einzelnen Fall das Verhältnis des Quellertrages zum Abpumpniveau. Um ganz richtig zu untersuchen, sollte man jeweilen durch Pumpen den Wasserstand im Quellschacht ein oder mehrere Tage auf bestimmtem Niveau festhalten und dann den Ertrag der Pumpen messen, nachher den Wasserstand im Quellschacht varieren, wiederum tagelang festhalten und den Ertrag messen und so fort, bis man innerhalb der für das Experiment möglichen Grenzen eine ziemliche Anzahl von Bestimmungen hat. Manchmal genügt das tagelange Abpumpen auf bestimmtem Niveau noch nicht, einen dafür dauernden konstanten Ertrag zu bestimmen, manchmal sollte man es wochenlang fortsetzen. Praktisch ist dies leider fast niemals durchzuführen. Ich habe deshalb sehr oft blos ein Annäherungsexperiment gemacht: Der Quellschacht wird erst möglichst anhaltend bis an den Grund ausgepumpt. Dann stellt man die Pumpen ab, lässt das Wasser im Schacht, so hoch es kann, von selbst steigen, beobachtet genau die Zeiten, in welchen es jeweilen wieder z. B. um 1 dcm höher gestiegen ist, und berechnet dann aus dem Schachtquerschnitt den Wasserzufluss, der bei jeder Höhe stattgefunden hat. Die beste Uebersicht gewinnt man, wenn man die gewonnenen Zahlen graphisch aufträgt, indem man nach irgend einer Skala neben den Vertikalriss des Schachtes jeweilen als Abscisse den Ertrag in Minutenlitern absticht, der bei dem bestimmten Schachtwasserstand in den Schacht zugeflossen ist. Die so erhaltene Ertragskurve, die sich eigentlich direkt auf das Wiederauffüllen des Schachtes bezieht, wollen wir die Füllkurve nennen. Sie endigt stets mit Abscisse = O auf der maximalen Stauhöhe der betreffenden Quelle. Hat die Quelle diese Höhe erreicht, so wird sie ganz auf andere, oft unbekannte Wege zum Abfluss gedrängt.

Wenn man eine Anzahl Quellen in dieser Weise untersucht, findet man bald sehr ungleiche Typen, wie die in Fig. 2 nach eigenen Beobachtungen zusammengestellten Kurven verschiedener Quellen zeigen.

1. Zunächst gibt es Quellen, welche beim Steigen im Schacht grosse Unregelmässigkeiten aufweisen und eine ganz zackige Füllkurve ergeben (a in Fig. 2). Diese gleichen Quellen zeigen die Eigentümlichkeit, dass sie beim raschen Leerpumpen der Schächte eine Zeit lang ganz ungeheuer grosse Erträge liefern, die dann bei anhaltendem Leerpumpen des Schachtes oft fast plötzlich wieder auf normalere Zahlen zurückgehen. Diese Erscheinung kann nur so erklärt werden, dass man annimmt, es befinden sich in grösserer oder geringerer Entfernung in korrespondierenden Niveaux Erweiterungen der Gerinne, die beim Steigenlassen im Quellschacht sich ebenfalls füllen müssen und beim Leerpumpen sich nach dem Schacht entleeren. Die Unregelmässigkeiten der Füllkurve entsprechen dann den unregelmässigen, wie Reservoirs wirkenden Hohlräumen auf ähnlichem Niveau im Regime der Quellgerinne. Die grosse Differenz in den Erträgen beim Sichfüllen und beim Leerpumpen des Schachtes müssen auf der in beiden Fällen gerade umgekehrten Wirkung der seitlichen Bodenhohlräume beruhen. Diesen Fall habe ich bisher noch nie bei solchen Thermen beobachtet, von denen ich lange aufsteigende Aeste der Quellgerinne annehmen müsste, wohl aber sehr prägnant bei einigen Mineralquellen von fast gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur, welche aus seitlichen Bergen heraustreten, und bei gewöhnlichen Kaltwasserschächten, wo ein Aufsteigen der Quelladern aus grösserer Tiefe gar nicht anzunehmen ist, sondern die Gerinne mehr seitlich flach liegen.

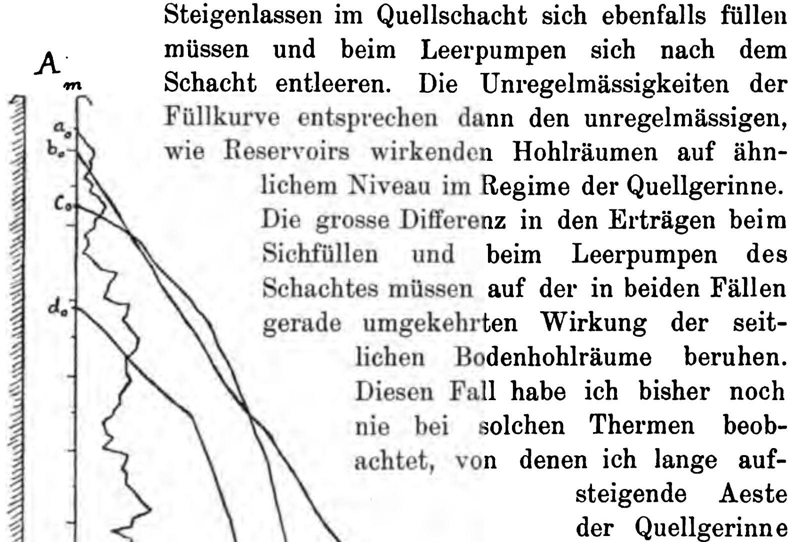


Fig. 2.
(A = Quellschacht, m = Meterskala im Quellschacht, ML = Erträge in Minutenlitern. a_0 b_0 c_0 d_0 = Stauhöhen der verschiedenen Quellen.)

2. Bei der Schwefeltherme von Schinznach im Aargau, deren

Verhalten ich zum Zwecke einer Neufassung 1882 öfters vor und nach der Neufassung untersucht habe, ergab sich stets die Füllkurve nach anhaltendem Auspumpen als eine gerade Linie, d. h. der Quellertrag nahm direkt proportional der Stauhöhe des Wassers im Quellschacht ab, wie *b* in Fig. 2. Dort waren die Verhältnisse wie folgt: Die alte Fassung aus den Dreissigerjahren dieses Jahrhunderts that ihren Dienst nicht mehr gut. Stand das Wasser im Quellschacht hoch, so hatte es volle Sulfuration und 33° C. Es hatte stets über das umgebende Grundwasser einige Centimeter Ueberdruck und verdrängte bei höchstem Stand die Kaltwasserzuflüsse. Pumpte man aber kräftig, so dass es etwas tiefer sank, so wurden Sulfuration und Temperatur rasch geringer. Die Beobachtungen erwiesen die mir übrigens vollständig selbstverständliche Unabhängigkeit von Temperatur und Sulfuration vom Stand der daneben fliessenden Aare. Das eindringende Kaltwasser war Bergwasser. Wir pumpten den Schacht aus; da zeigte sich, dass die alte Fassung den Felsgrund nicht erreicht hatte und man das Grund- und Bergwasser aus dem Kies mit Brettchen und hinterstopftem Lehm dürftig abzuhalten sich bemüht hatte. Den Thermaladern entgegen waren Eisenröhren eingeschlagen. Dieselben waren grösstentheils aufgezehrt und der davon herrührende Schwefeleisenschlamm verstopfte zum Teil die Thermalgerinne. Wir vertieften, fanden etwa 1 m unter dem Fundament des alten ovalen Buchenholzschachtes den Muschelkalkfels mit grossen armdicken runden Thermalgerinnen, wir meisselten 1 ½ m in denselben hinab, fassten alle Adern (warme wie kalte) in Steingutröhren, gossen dazwischen dicht mit Cement aus, betonierten hinauf, liessen das Wasser steigen und den Guss erhärten. Dann wurde 14 Tage später wieder ausgepumpt und nun die Röhren, welche gewöhnliches Wasser in die Fassungskammer lieferten, verpfropft, diejenigen, welche Thermalwasser lieferten, offen gelassen. Alles gelang gut, und der Erfolg war vortrefflich. Die Gleichung für die Füllkurve vor der Fassungsvertiefung war: Ertrag (in Minutenlitern) = Tiefe (in Metern unter der Stauhöhe) × 180. Allein dieser Ertrag war eben wegen der beim Abpumpen erfolgenden Einmischung von Kaltwasser am Schachtgrunde nicht nutzbar. Man konnte nicht über 30 Minutenliter pumpen. Nach der Neufassung ergab sich: Steighöhe der Therme 3 cm höher; Füllkurve wiederum gerade Linie; Ertrag =

Tiefe unter Steighöhe × 250, wobei man nun ruhig den Stand des Wassers im Quellschacht auf 2 m unter die Stauhöhe abpumpen durfte, ohne merkbare Kaltwasserbeimischung zu erhalten. Es können also jetzt 2 × 250 = 500 Minutenliter Wasser von 33° und voller Sulfuration verwendet werden.

3. Bei manchen aufsteigenden Quelladern hat die Füllkurve die Form einer ziemlich regelmässig gebogenen Kurve, meistens ungefähr von der Gestalt wie Fig. 2, *c*. Ein Beispiel hiefür lieferte Lavey an der Rhone (Schwefeltherme von 45—50°). Hie und da haben die Füllkurven auffallende Brüche (Fig. 2, *d*). Die Bruchstellen der Kurve entsprechen wohl den Mündungen unbekannter anderer Ausflusstellen aus demselben Gerinnesystem.

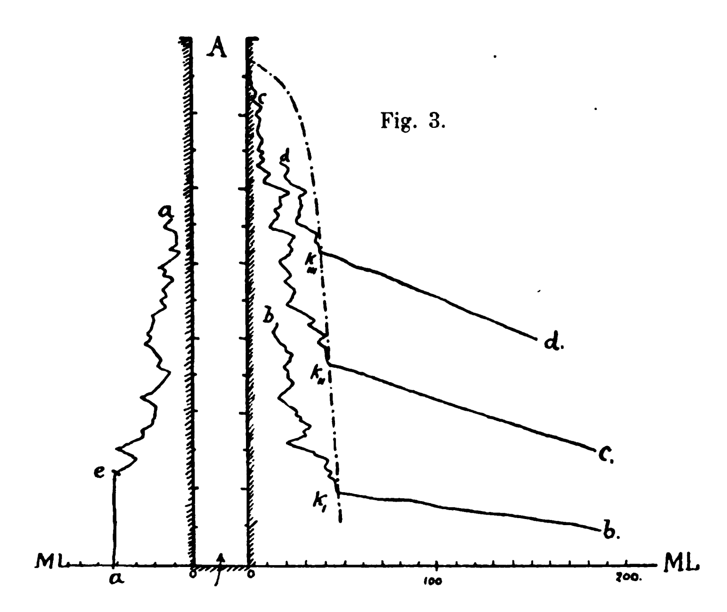
Die Unregelmässigkeiten in der Füllkurve bei den sicher aus grosser Tiefe von unten aufsteigenden Quelladern sind aber, soweit meine bisherigen Erfahrungen reichen, stets von ganz anderem Charakter und viel geringer als diejenigen der Quellen aus weniger tiefen, flachen Gerinnen.

Die Fassungsschächte mit den zackig-unregelmässigen Füllkurven bieten noch besondere Erscheinungen und auch besondere Schwierigkeiten für die Bestimmung ihres dauernden Ertrages. Ich glaube aber, ein Mittel gefunden zu haben, welches den dauernden Ertrag leicht und sicher erkennen lässt.

Das nächstliegende und bisher oft versuchte, oft aber auch zu Täuschung führende Mittel war einfach anhaltendes Auspumpen.

Manche Quellen von diesem Charakter liefern, wenn man sie auszupumpen sucht — sei es bei der ersten Fassung im Schacht oder auch später, nachdem sie in fertiger Schachtfassung stehen — anhaltend sehr grosse Erträge. Die Erträge nehmen mit der Tiefe, in welche abgepumpt wird, zu und halten sich dann oft bei tagelangem, sogar wochenlangem Auspumpen stets fast unverändert oder eher noch sich vermehrend. In vielen Fällen kann man das Experiment nicht lange genug fortsetzen, um den offenbar in seitlichen Erweiterungen der Quellgerinne angesammelten Vorrat ganz zu entleeren und so nachher auf den dauernden Ertrag der Quelle herunterzukommen. Ich habe Beispiele erlebt, wo man drei Wochen lang den vierfachen, sogar zehnfachen Betrag von dem pumpte, was die Quelle, wie sich endlich fest-

stellen liess, dauernd zu liefern vermochte. Manchmal schon nach einigen Tagen des Auspumpens, manchmal aber erst nach Wochen angestrengter Pumparbeit fällt dann fast plötzlich von einer Viertelstunde zur andern oder sogar von einer Minute zur andern der Zufluss im Schachtgrunde hinab auf den dauernden Quellertrag. Wenn man dies erreicht hat und einige Zeit dieser Ertrag sich gleich geblieben ist, lässt man das Wasser wieder im Schachte steigen. Es ergibt sich dann eine sehr langsame Füllung, eine unregelmässige Füllkurve, die aber stets nur Beträge des Zuflusses in den Schacht geringer als die dauernde Quelle aufweist (Fig. 3, *a*). Sehr oft ist es wichtig, rascher über die



dauernde Lieferung aufgeklärt zu sein, während eine ununterbrochene Pumparbeit, die vielleicht in lange Wochen hineingeht, nicht ausgeführt werden kann.

Durch den Versuch habe ich folgendes einfache Verfahren zur Bestimmung der anhaltenden Quellerträge in Fassungsschächten gefunden:

Es wird mit kräftigen Mitteln im Quellschacht der Wasserstand möglichst rasch tief gefällt. Zu diesem Zweck muss natürlich ein grösserer Betrag ausgepumpt werden, als selbst durch

die Entleerung des Stauvorrates aus den Gerinnen in gleicher Zeit in den Schacht sich zu entleeren vermag.

Es handelt sich da um eine Art Ueberraschung der Quelle. Dann werden die Pumpen abgestellt, und man beobachtet nun genau die Geschwindigkeit, mit welcher der Quellschacht sich wieder füllt, indem man die Zeitmomente notiert, an welchen das Wasser die verschiedenen Marken einer eingestellten Messlatte oder anderen Skala erreicht. Durch Messung der Querschnitte lässt sich wieder der Zufluss in den verschiedenen Höhen in Minutenliter umrechnen und als Füllkurve auftragen. Dabei zeigen sich Kurven wie Fig. 3 *b*, *c* und *d* (Abscissen, Ordinaten, Anordnung wie in Fig. 2).

Der erste untere Teil der Kurve verläuft nach nur kurz dauerndem Auspumpen ziemlich glatt; er zeigt gewaltigen, aber mit dem Steigen des Wassers im Quellschacht rasch und ziemlich regelmässig abnehmenden Zufluss. Dann plötzlich bricht die Kurve scharf um, wird unregelmässig zackig, bleibt aber stets in der Abscisse kürzer als der Wendepunkt. Der erste Teil der Kurve entspricht offenbar der Entleerung der Bodenhohlräume im entsprechenden Niveau, der zweite Teil der Kurve aber der Wiederfüllung der gleichen Hohlräume. In dem Momente, wo die Entleerung sich wendet in die Wiederfüllung, kann einzig der wirkliche bleibende Ertrag der Quelle sich geltend machen. Die Abscisse am Knickungspunkt der beiden Kurventeile entspricht somit dem dauernden wirklichen Ertrag der Quelle. Ein Experiment von einigen Stunden genügt zu dessen Bestimmung.

Aber auch der Ertrag der dauernden Quelle nimmt ab mit der Steighöhe des Wassers im Fassungsschacht und nimmt zu mit der Tiefe, in welche abgepumpt wird. Indem wir das in dem eben bezeichneten Experimente zuerst vorzunehmende Auspumpen des Quellschachtes rascher oder langsamer vornehmen, tiefer oder weniger tief treiben, den Schacht sich sofort wieder füllen lassen oder vorher einige Zeit ausgepumpt halten, können wir die Kurve so varieren, dass der Knickungspunkt in verschiedene Höhen des Quellschachtes fällt. Die Verbindungslinie der Kurvenknickungspunkte (*k*, *k*,, und *k*,,, in Fig. 3) in mehreren solchen Experimenten (Strich-Punkt-Linie in Fig. 3) gibt uns dann

die Beziehungen des dauernd abpumpbaren Quellertrages zum Niveau des Wasserstandes im Fassungsschachte. Selbstverständlich dürfen, wenn mehrere Experimente gemacht werden sollen, dieselben nicht allzu rasch hintereinander ausgeführt werden; es ist gut, jeweilen dazwischen die Quelle wieder etwas ruhen zu lassen.

Seitdem ich diese Methode gefunden und angewendet habe, ist es mir nun schon mehrere Male gelungen, durch spätere Erfahrung — anhaltendes Abpumpen zum Gebrauch auf bestimmtem Niveau — direkt die vollkommene Zuverlässigkeit derselben zu erproben. Die dauernden Quellerträge, wie sie sich im Laufe jahrelanger Verwendung gehalten haben, stimmten genau überein mit den durch die Kurvenknickungsstellen im Voraus bestimmten Beträgen.

Einmal hatte ich mit einer am Fusse eines Berges gelegenen Mineralquelle von zackiger Füllkurve zu thun, deren Fassung nachträglich bedeutend vertieft werden musste. Dabei zeigte sich, dass sie ungefähr ein Meter unter dem früheren Schachtgrunde auf weitem sanft fallenden Gerinne herzufloss. Der Schacht wurde so tief in die undurchlässige Unterlage hinabgesetzt, dass die Quelle von etwas höher oben in den Schachtgrund herunterfiel. Später wurde die Füllkurve bestimmt. Da zeigte sich in voller Uebereinstimmung mit dem, was ich erwartete, dass der Quellzufluss bei den tiefsten Schachtwasserständen konstant war, die Füllkurve also eine fast senkrecht aufsteigende Gerade war. Plötzlich, offenbar in demjenigen Niveau, wo die Quellgerinne entfernter vom Schacht sich verwickelter gestalten, nahm die Füllkurve ihren zackigen Charakter an (vergleiche *e* in Fig. 3 *a*, wobei die Erträge vom Schacht nach links abgetragen sind, um Konfusion mit *b*, *c* und *d* zu vermeiden). Die Grenze zwischen dem unteren regelmässigen, der dauernden Quellstärke entsprechenden Teil der Füllkurve und dem oberen zackigen Teile entsprach im Niveau der undurchlässigen Unterlage der Quellgerinne, und der glatte untere Teil der Kurve zeigt an, dass weitere Vertiefung des Quellschachtes hier keinen Nutzen mehr hat.

Im Niveau undurchlässiger Bodenschichten werden die Füllkurven glatt, im Niveau durchlässiger, Poren- und Gerinne-reicher Bodenschichten werden sie kraus und von kleinerer Abscisse. Es gilt dies, auch wenn diese

Bodenbeschaffenheiten erst in grösserer Horizontaldistanz vom Quellschachte im Wege der Gerinne sich finden. Die Füllkurven sind eine Art Spiegelbild der Bodenbeschaffenheit und können uns oft wichtige Fingerzeige über ein natürliches Quellregime geben. Ich bin überzeugt, dass zahlreichere Beobachtungen über dieselben noch manche bemerkenswerte Erscheinung verrathen werden.

Bei Gelegenheit solcher Arbeiten habe ich noch eine weitere Erfahrung über das Verhalten der Quellen mit zackiger Füllkurve gemacht:

Wenn die Quelle frisch zuerst gefasst wird, ist die Zeit, welche notwendig wäre, durch blosses anhaltendes Auspumpen die Bodenstauungen zu entleeren und auf den dauernden Ertrag hinabzukommen, sehr lange, oft viele Wochen, und der unterdessen sich geltend machende Zufluss z. B. das Doppelte des dauernden Ertrages. Nachdem die Quelle einige Jahre zum Verbrauch abgepumpt worden ist, fliessen, wenn man den Quellschacht ganz leer pumpen will, die Wassermassen viel rascher zu. Wir müssen jetzt vielleicht das Vierfache, Fünffache des dauernden Ertrages auspumpen, kommen aber nun entsprechend rascher, etwa schon in einer Woche, auf den dauernden Betrag herab. Noch später pumpen wir in zwei oder drei Tagen den gleichen Bodenstauvorrat aus, die Pumpen mussten aber den zehnfachen oder zwölffachen Ertrag des dauernden Zuflusses bewältigen. Der dauernde Quellertrag ist dabei von Anfang an fast unverändert derselbe geblieben.

Wir beobachten also allmählich schnellere Entleerung der Stauvorräte aus dem Boden in den Quellschacht.

Offenbar kann diese Erscheinung nur so gedeutet werden, dass eben durch das anhaltende Zuströmen des Quellwassers zum Fassungsschachte im Laufe der Zeit die dorthin führenden Quellgerinne besser und weiter ausgespült worden sind und so im Laufe der Zeit die Kommunikation der reservoirähnlich wirkenden Gerinneerweiterungen und anhängenden Bodenhohlräume eine viel direktere geworden ist. Dies ist im allgemeinen auch wünschenswert, indem wir nun um so sicherer sind, dass die Quelle nicht etwa auf andere Abwege wieder gerate, sondern diese letzteren unterdessen sich mehr und mehr verschlammt haben, während die Zuflusswege zu unserem Quellschacht sich besser geöffnet haben.

Bei Schachtfassungen im Grundwasser zu Wasserversorgungen kann freilich dieses weitere Ausspülen der Gerinne sehr ungünstig werden, indem damit die feine Filtration des Wassers abnimmt und sanitäre Gefahren entstehen können. Es kann deshalb nicht genug immer wieder betont werden, dass Grundwasser zu Wasserversorgungen niemals nur in einem oder wenigen Schächten intensiv gepumpt werden sollte, sondern dass die Fassung in Gestalt einer mehrere hundert Meter langen horizontalen Röhre bewerkstelligt werden sollte, die das Wasser möglichst diffus und mit geringer Geschwindigkeit und geringem Ueberdruck einfliessen lässt.

Endlich möchte ich noch auf zwei Punkte aufmerksam machen, welche mir für in Schächten gefasste Mineralquellen von grosser Wichtigkeit scheinen, aber bisher meistens unbeachtet geblieben sind. Es haben sich aus dieser Nichtbeachtung schon schwere Uebelstände ergeben und wertvolle Mineralquellen sind allmälig zu Grunde gegangen oder haben doch einen Teil ihrer Qualitäten eingebüsst.

1. Manche Mineralquellen sind deshalb im Rückgang begriffen, weil sie nur in der Saison benützt werden, in der übrigen Zeit — so war es früher z. B. auch in Schinznach — einfach im Quellschacht liegen bleiben, gestaut auf die maximale Stauhöhe. Die Folge davon ist, dass das Mineralwasser in der Nichtsaison andere Auswege suchen muss. Diese andern Wege spült es dann aus, diejenigen nach dem Verbrauchsorte hin verschlammt es unterdessen, oder verengt sie beim Stehen und langsamen Entweichen der Gase durch seine eigenen Absätze. Man muss eine Mineralquelle dazu erziehen und gewöhnen, immer nur an den von uns gewünschten Verbrauchsort zu fliessen und darf sie nicht zeitweilig auf Abwege zwingen. Man muss aus dem Schacht in einem Niveau, welches einem der tieferen Abpumpniveaux der Saison entspricht, einen Auslauf für die Nichtsaison schaffen und wenn dazu das Gefälle nicht zu finden ist, muss ständig ausgepumpt werden wie in der Saison (mit Injektor oder sonst einem regulierbaren selbstthätigen Apparat). Nur so erzeugen wir, was wir wünschen müssen: Ständige, gute, offene Ausspülung der Gerinne, die nach unserem Schachte führen, allmälige Verödung und Absterben aller anderweitigen Wege. Um das für den Winterabfluss

passendste Niveau zu finden, habe ich auch schon, wo das Gefälle den Versuch zuliess, folgendes Mittel angewendet: Wir bringen an einem tiefen Ausflussrohr aus dem Schachte mit biegsamem Gummirohr ein Endstück an, dessen Mündungshöhe nun von Woche zu Woche versuchsweise variert werden kann, bis wir das tiefste Niveau finden, bei welchem Temperatur und Mineralisation sicher noch voll sind, also noch kein Wildwasser auf irgendwelchen Umwegen in die Quellgerinne drückt. In dieser Höhe ist der dauernde Nichtsaisonauslauf zu halten. Dann verbauen oft von selbst die Absätze der Mineralquelle mehr und mehr die früheren gelegentlichen Zuflusstellen der Wildwasser gerade da, wo, fast equilibriert, die beiden Wasserarten sich berühren.

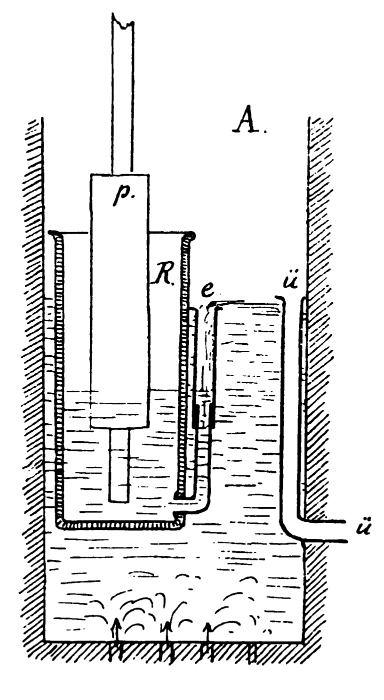


Fig. 4.

2. Noch ein zweiter wichtiger praktischer Punkt, der sich mir allmälig ergeben hat, ist der folgende: In vielen Mineralquellschächten entstehen zeitweise Trübungen, besonders, wenn die Gerinne etwa durch Thon, Grundmoräne etc. gehen. Die Trübung zeigte sich während der Fassungsarbeiten. Wenn die Quelle sich in der Neufassung beruhigt hat, hören sie auf, kommen aber oft störend gelegentlich zeitweise wieder, sobald der Gang der Pumpen etwas stossweise wird oder starke Ungleichmässigkeiten im Verbrauch vorkommen. Für Quellen dieser Art ist es von hoher Bedeutung, dass man sie u n t e r g l e i c h m ä s s i g e m h y d r o s t a t i s c h e m D r u c k lässt und alle Druckvariationen von denselben so gut als möglich i s o l i e r t. Manchmal lässt sich dies ganz einfach erreichen, indem man in den Quellschacht ein Zwischenreservoir (*R* in Fig. 4) setzt, aus welchem die Pumpen (*p*) schöpfen und welches aus der Quelle dicht unter dem Ueberlauf (*ü*) den

Einlauf (*e*) hat, der den Wasserstand über der Quelle reguliert. Dieser Einlauf, sowie der Ueberlauf können verstellbar, z. B. durch ineinanderschiebbare Röhren gemacht werden, sind aber, wenn einmal das konvenierende Niveau gefunden worden ist, möglichst unverändert zu belassen. (Verglichen das Schema in umstehender Fig. 4.) Das Zwischenreservoir kann natürlich sehr verschieden behandelt, eventuell auch als zweiter Schacht neben dem Quellschacht und als grosses Reservoir disponiert werden.

Ausser den hier erwähnten Dingen ist natürlich noch manches andere zu beachten. Es muss in der weiteren Wasserführung jedes Wasser individuell nach seiner Beschaffenheit behandelt werden. Wasser, deren Gasgehalt wichtig ist, dürfen nie mit Saugpumpen beschafft werden, sondern sind bis zum Verbrauchsort unter Druck zu halten; jede Beimischung von Luft ist zu vermeiden. Je nach der chemischen Beschaffenheit ist das Material der Leitungen, Pumpwerke etc. zu wählen. Doch betrachte ich es für diesmal nicht als meine Aufgabe, auf diese Seiten der Mineralwassertechnik einzutreten.

Ich begnüge mich damit, darauf hingewiesen zu haben, dass sich bei den Schachtquellen verschiedene Typen zeigen, die sich zum Teil durch die verschiedenen Füllkurven charakterisieren lassen, und dass dieselben auch verschiedene Behandlung erfordern. Ich wollte andeuten, wie man die Erscheinungen derselben studieren, besonders wie man den dauernden Ertrag einer Schachtquelle (Tiefquelle) bestimmen kann.

Linth-Ingenieur Gottlieb Heinrich Legler.
(1823—1897.)

Von

F. Becker.

In seinen „Denkwürdigkeiten aus dem russischen Feldzuge von 1812“ beschreibt Oberlieutenant Thomas Legler von Dornhaus (Glarus), späterer Oberstlieutenant und Ritter der Ehrenlegion, mit grosser Anschaulichkeit die furchtbaren Kämpfe und Leiden, welche die Schweizer Regimenter bei jenem unseligen Rückzuge auszustehen hatten; wie ein Held erscheint uns der tapfere, damals dreissigjährige Grenadieroffizier. Nachdem er Abschied genommen von den zersprengten Resten seines Regiments, dem sterbenden Kommandanten und einigen wenigen Kameraden, zog er in die Nacht hinaus, der russischen Grenze zu. „Ich gestehe, dass es mir auf diesem nächtlichen Zuge nicht am besten zu Muthe war; ich konnte leicht den Kosaken oder auch unsern Armeetraineurs in die Hände fallen, die mich nicht gut würden behandelt haben. Will man die Ursache meiner eingetretenen Aengstlichkeit und der Entfernung von meinem Kommandanten wissen, so vernehme man, dass ich das Bildnis einer lieben Braut auf mir trug, das mich nach überstandener Gefahr und nach Erfüllung meiner Dienstpflichten auf die Erhaltung meines Lebens täglich aufmerksamer machte und wobei dann die Hoffnung immer mehr wuchs, diesen treuen Bund noch schliessen zu können, der denn auch nach neun Monaten in die freudigste Erfüllung gieng.“

Diesem Bunde entstammte unser Gottlieb Heinrich und eine Schwester, spätere Frau Laurer in Chur. Etwas musste also aus diesem Sohne werden. Seine Jugendzeit verbrachte er zum Teil im Glarnerland, zum Teil in Holland. An beiden Orten sah er Wasser, in seinen Bergen das tobende Wildwasser, in Holland die

schleichenden Kanäle und das gewaltige Meer. Beim Angeln hätte ihn einmal ein grosser Fisch, den er nicht loslassen wollte, in den Kanal gezogen, wenn nicht die Angelschnur gerissen wäre. War das ein Zug ins Wasser, so blieb ihm fortan ein Zug zum Wasser, der ihm die Richtung für seine beruflichen Studien gab. In Zürich und Wien bildete sich Legler zum Ingenieur aus und widmete sich dabei besonders dem Wasserbau. Schon ein halbes Jahr nach Vollendung seiner Studien wurde er in der Sitzung der eidgen. Linthpolizeikommission vom 4. Januar 1845, noch nicht ganz 22 Jahre alt, zum Adjunkten des Linth-Ingenieurs, damals Oberst La Nicca von Chur, ernannt, mit einem Gehalte von Fr. 1600, an welchen die Regierung des Kantons Glarus Fr. 600 beitrug, wofür diese die Berechtigung hatte, Herrn Legler für die Wildbachverbauungen im Kanton beizuziehen. Der Linthpolizeikommission gehörten damals an: als Präsident alt Bürgermeister Konrad von Muralt von Zürich, alt Landammann Nazar Reding von Schwyz, alt Landammann Dietrich Schindler von Mollis und Präsident Joh. Zweifel von Maseldrangen, als technisches Mitglied Oberst La Nicca von Chur, sowie als Ehrenmitglied Prof. Arnold Escher von der Linth, alles Männer, in deren Umgang der junge Ingenieur vieles lernen konnte.

Nun begann eine reiche Arbeit; es galt das von Hans Konrad Escher begonnene und in der Hauptsache bis 1822 durchgeführte Linthwerk auszubauen. Anfänglich nur mehr ein patriotisches Unternehmen ohne eigentlichen staatlichen Charakter, wurde die Linthkorrektion erst im Jahre 1827 zur eidgenössischen, staatlichen Institution, an deren Spitze die Linthpolizeikommission stund. Die technischen Geschäfte wurden von einem Mitgliede dieser Kommission besorgt; mehr und mehr fühlte man aber das Bedürfnis einer ständigen technischen Leitung, sodass 1844 beschlossen wurde, für dieselbe einen Adjunkten des Linthingenieurs ständig anzustellen. Diese Wahl fiel, wie bereits angeführt, auf den von Landammann Schindler warm empfohlenen jungen Legler, der später, 1863, zum eigentlichen Linthingenieur ernannt wurde.

Escher von der Linth hatte mit Einsetzung all seiner Thatkraft das Linthwerk so weit gefördert, als es die vorhandenen Mittel erlaubten; es blieben aber noch eine Reihe von Ergänzungsarbeiten, und namentlich galt es auch, für den Unterhalt resp.

die Erhaltung des Geschaffenen zu sorgen. Unter der fachmännischen Leitung Leglers sind denn im Laufe der Zeit eine ganze Reihe dieser Arbeiten teils vollendet, teils in Angriff genommen, teils vorbereitet worden, so die Verlängerung des Escherkanals in den Walensee, die Anlage der beiden Dämme am Beginn des Linthwuhres bei Wesen, die Ersetzung der Sporren durch Parallelwuhre, die Anlage und Einführung grösserer und kleinerer Seitenkanäle in die Hintergräben, die Ufersicherung durch Steinwuhre etc. Alle diese Arbeiten wurden ausgeführt in vollem Einklang mit den grossen Gedanken der ganzen Korrektionsanlage, in organischer Eingliederung in dieselbe, als naturgemässer Ausbau des von Escher begonnenen Werkes. Naturgemäss waren mit einer so weitverzweigten Verwaltung mit grossem Grundbesitz, Unterhaltsgenossamen, Schiffahrtsinteressen, neben den technischen Arbeiten viele administrative, ökonomische und polizeiliche Geschäfte verbunden. Legler liess sich aber nicht allein mit seiner Wirksamkeit an der Linth genügen; dafür sorgten auch schon die vielen Behörden und Private, welche ihn um seinen Rat und seine Hülfe angiengen; galt er doch weit herum als eine Autorität auf dem Gebiete des Wasserbaues. Ungezählt sind die Gutachten, welche er für kantonale und eidgenössische richterliche und administrative Behörden abzugeben hatte. Für alle grossen Wasserbauunternehmungen unseres Landes holte man seinen bewährten Rat; wir erinnern dabei vor allem an die Regelung der Abflussverhältnisse des Boden-, Zürich- und Luganersees, an die Ausnützung der Wasserkräfte der Reuss und Rhone, sowie an eine Reihe von Fluss- und Bachkorrektionen, Anlagen für industrielle Zwecke. Galt es an Rhein, Rhone und Tessin, Aare, Reuss und Limmat mit all ihren Beigewässern — überall glaubte man den kundigen vielerfahrenen Mann von der Linth beraten zu müssen und mit den bekanntesten Technikern der Zeit wirkte er zusammen oder stritt er sich gelegentlich in wissenschaftlicher Fehde. Auch im Auslande war er hochgeschätzt und mancher Fachmann von hohem Rufe und hoher Stellung liess sich von ihm seine Bauten erklären. So kam er auch vielfach mit Strassen- und Eisenbahnbauten in Berührung, namentlich im engern Gebiete der Linth und des Walensees. Im Sommer 1855 wirkte er als Bauführer bei den Festungsbauten an der Luziensteig.

Bei all seiner vielen Arbeit fand er noch Zeit zu schriftstellerischer Arbeit und wir besitzen aus seiner Hand eine Reihe gediegener grösserer und kleinerer Abhandlungen (vide Verzeichnis am Schlusse).

Führte Legler selbst während seiner Thätigkeit keine grossen Umwälzungen im Wasserbau, keine tiefeinschneidenden Reformen auf dem hydrotechnischen Gebiete herbei, so glich er damit einem Arzte, der, mit einem sichern Blicke für die Erkennung der Krankheit begabt, die bewährten Heilmittel in verständiger Anwendung gebrauchte, ohne jeden Augenblick zu einem neuen Mittel zu greifen. Darum konnte man sich so sehr auf ihn verlassen, da er das, was er verschrieb, vorerst genügend erprobt hatte und der Erfolg dann auch mit Sicherheit eintrat. War er nicht der wissenschaftlich fördernde und schaffende lebhafte Geist wie Culmann oder der feurig energische Bürkli, so verkörperte er die ruhig abwägende Bedachtsamkeit mit der unermüdlichen Ausdauer und Beharrlichkeit; was er einmal als gut erkannt, daran rüttelte er nicht mehr.

Vor allem war Legler eine aufrichtig patriotische Natur. Lag schon ein patriotischer Zug darin, dass er sich die Heilung der vielen Wasserschäden unseres Landes zur Lebensaufgabe gesetzt, so war auch sein vielfacher Umgang mit bewährten Patrioten diesem seinem vaterländischen Wesen fördernd, und nie verhehlte er weder Freude noch Aerger über den Gang der Ereignisse in seinem lieben Vaterlande.

Sein persönliches Wesen war nicht gerade, was man sagt, gewinnend; sein Freund und Kollege auf dem Gebiet des Wasserbaues, Oberst Pestalozzi sel., sagte oft, man dürfe Legler nicht nach seinem Aussehen beurteilen, und so war es auch. Schien der Mann oft kurz, rauh, absprechend, ja polternd, so steckte doch viel Güte und ideales Wesen in ihm. So war Legler, der in den wüsten Bachrunsteln und an den tosenden Gewässern seinem Berufe lebte, ein Freund der Kunst und der Geschichte, auch ein eifriger Militär; es wollte ihm seinerzeit nicht behagen, als er vom Grade eines Hauptmanns im Geniestabe nach vielen redlich erfüllten Diensttagen nicht weiter avancierte; er war auch bis Dezember 1879 Mitglied des schweiz. Forstvereins und der naturforschenden Gesellschaft, bis 1894 des schweiz. Ingenieur- und

Architektenvereins. Für seine Verdienste wurde er vielfach geehrt und ausgezeichnet. So ernannten ihn die Société des beaux arts von Genf, sowie der schweiz. Ingenieur- und Architektenverein zu ihrem Ehrenmitgliede und die Stadt Genf überreichte ihm in Anerkennung seiner hohen Verdienste ein kostbares Geschenk. Vor allem aber dankte ihm die Linthkommission, deren Präsident von 1862 Schulratspräsident Karl Kappeler war und deren Vorsitzender heute Herr Regierungsrat Nägeli von Zürich ist, seine hingebende Thätigkeit im Dienste des vaterländischen Werkes. In ihrer Sitzung vom 18. Mai 1895 widmete sie ihm bei Anlass einer kleinen, aber würdigen Feier eine prächtig ausgeführte Dankesurkunde in Anerkennung für die treuen und wertvollen Dienste, welche er während mehr als 50 Jahren dem Linthwerk und damit dem Vaterlande geleistet hat.

Der Beruf des Wasserbau-Ingenieurs ist ein beschwerlicher und gefährlicher; wenn die Wasser aus den Wolken und von den Wänden stürzen, in stürmischer Wetternacht muss er heraus, beim Fackelschein den Durchbrüchen wehren, wo oft der Damm erzittert und unter dem Fusse weicht; wenn der Fluss ruht und alles gefroren ist, im Winter, muss gebaut werden; wenn die Arbeiter, die Anwohner erlahmen wollen in ihrer Sisyphusarbeit, muss der Oberleitende aufrechtbleiben und den Mut wieder heben, wo er selbst ihn verlieren möchte. Wo viele den Mühen ihres Berufes erlagen, blieb Legler bis in die letzten Jahre gesund und erst als ein Schmerz ihm ans Herze gieng, als er, der kinderlose Gatte, 1896 die treue Gefährtin seines Lebens verlor, brach auch seine Kraft. Am 4. März 1897 schloss er seine Augen und ruht nun auf dem schönen Friedhofe am Fusse des Glärnisch.

Ehre seinem Andenken!

Schriften von Linth-Ingenieur G. H. Legler.

1. *Denkschrift über die Abflussverhältnisse des Bodensees* von Konstanz bis Stein. Glarus 1862.
2. *Hydrotechnische Mitteilungen* über Linthkorrektion, Runsenbauten, Zürichseeregulierung u. s. w. mit 8 Plänen. Glarus 1868.
3. *Die Abflussverhältnisse des Zürichsees* und beantragte weitere Abflussverbesserungen, sowie Aenderung der Reguliermethode zur Erzielung möglichst niedriger Seestände während des Sommerhalbjahres. Bericht an die Tit. eidgen. Linthkommission, mit 4 Pläuen. Glarus 1868.
4. *Bericht über die Wasserkraft der Reuss in Luzern* und deren rationelle Benützung mit Vorschlag einer neuen Seeregulierung. Bearbeitet von Linth-Ingenieur G. H. Legler und Ingenieur D. H. Ziegler, mit 6 Tafeln. Glarus 1875.
5. *Rapport au conseil d'état du canton de Vaud sur les conditions de l'écoulemeut du Rhône à Genève* et propositions tendant à améliorer cet écoulement et à réaliser l'abaissement des hautes eaux du lac Léman par C. Pestatozzi, Prof., et G. H. Legler, avec 5 plans et annexes. Lausanne 1876.
6. *Bericht über die Wasserableitung aus dem Luganersee* und die Senkung der Hochwasserstände des Sees, mit 4 Plänen und Beilagen. Glarus 1883.
7. *Bericht über die Abflussverhältnisse des Bodensees und des Rheins* mit Projekten zur Senkung der höchsten Wasserstände, bearbeitet im Auftrage der Baudirektion des Kantons Thurgau. Mit 5 Plänen und Beilagen. Glarus 1891.
8. *Denkwürdigkeiten aus dem russischen Feldzuge vom Jahr 1812,* nach den nachgelassenen Papieren des Oberstlieut. Thomas Legler. Glarus 1867. (Im Jahrbuch des histor. Vereins.)
9. *Vertheidigung der Festung Schlettstadt gegen die Alliierten* im Jahre 1814. Nach der franz. Handschrift von Oberstlieut. Th. Legler;
   Belagerung der Festung Hüningen im August 1815, nach dem Bericht an den löbl. Kriegsrat des hohen Standes Glarus, von Oberstlt. Th. Legler;
   Kapitulationspunkte der Festung Hüningen und deren Aussenwerke.
10. *Ueber das Linthunternehmen.* Mit Karte. Jahrbuch des glarner histor. Vereins, Heft IV.
11. *Ambühl in Schneisingen und Alt-Weesen.* Kriegsgeschichtliche Studie als Beitrag zur fünfhundertjährigen Jubiläumsfestschrift der Schlacht bei Näfels 1888.
12. *Bericht an die eidgen. Linthkommission über das Projekt eines Industrie- und Schiffahrtskanals zwischen Schännis-Bilten und Grynau,* von den Experten Culman und Legler 1870.
13. *Expertenbericht über den Wasserrechtsstreit der Herren Gebr. Beck gegen die Tit. Wasserwerksgesellschaft Schaffhausen, betreffend die Abflussverhältnisse des Rheines bei Konstanz,* von G. H. Legler und J. J. Fierz. Glarus 1872.

14. *Gutachten an die löbl. Polizeikommission des Kantons Glarus über das Projekt einer Regulierung der Linth von Thierfeld bis Mollis,* von den Experten Culmann und Legler. Glarus 1872.
15. *Gutachten an den Gemeinderat Rheineck über die Rinnsalöffnung für höchsten Wasserstand.* 1883.
16. *Summarischer Bericht über das Linthunternehmen 1862–86.* Glarus 1886.
17. *Au h. Conseil du Canton de Vaud* (Niveau du Lac Léman) par F. A. Forel, G. H. Legler, Karl Pestalozzi. 1881.
18. *Examen du mémoire de E. Plantamour sur la question du lac,* par F. A. Forel, G. H. Legler, Karl Pestalozzi. Lausanne 1882.

Ferner erschienen von G. H. Legler Berichte und Abhandlungen in vielen Zeitungen und Zeitschriften, wie:

1852. Neue Zürcherzeitung: Einrichtung des Linthkanals für Dampfschiffahrt. 2 Artikel.
1853. Neue Zürcherzeitung: Südostbahn.
dito: Ueber eine Wasserstrasse.
1855. Bericht über die Rüfiruns, mit 2 Plänen. Schweiz. Ingenieurschrift und Forstjournal.
1862. Bund: Artikel über den Bodensee.
1863. St. Gallerzeitung: dito.
1864. Neue Zürcherzeitung: Ueber die Zürichseesenkung.
1870. Eine Broschüre über Linthkanalwasserrechte.
dto. über Grynaukanal-Mehrwertschätzung.
1872. Wasserrechtsstreit in Schaffhausen.
1874. Bericht über das Wasserrecht am Tschingelkopf.
1876. Neue Zürcherzeitung: Ueber Hochwasserstände.
1878. Landbote: Das Unglück der Wasserverheerungen (mit besonderer Rücksicht auf das Tösstthal). 3 Artikel.
1883. Broschüre in der Rinnsalangelegenheit am Rhein.
1884. Artikel in der schweiz. Bauzeitung über die Rheinkorrektion.
1885. Neue Zürcherzeitung: Rheinnoth.
1886. dito über Rheinhochwasser.
1888. Schweiz. Bauzeitung: Einsendung betreffend Stabschwimmer.

Ueber Naphtalen-2,1-Diazooxyd.

Von

Eugen Bamberger und **Emil Kraus.**

Die Oxydation einer alkalischen β Diazonaphtalinlösung führt — der Hauptsache nach — zur Bildung des in der Ueberschrift bezeichneten Körpers:

$$C_{10}H_7 . N_2OH + O = C_{10}H_6\langle{}^{N_2}_{O}\rangle + H_2O$$

dessen chemisches Verhalten im Folgenden geschildert werden soll. Der Zweck unserer Untersuchung, zwischen den für das Naphtylendiazooxyd von vornherein in Betracht zu ziehenden und durch sein Verhalten nahe gelegten Formeln

I — N, N, O

II — N≡N, O

eine sichere Entscheidung zu treffen, ist nicht erreicht worden. Die Substanz ist daher bis auf Weiteres als

N_2, O

zu formulieren.[1]) Immerhin sei die Bemerkung gestattet, dass wir

---

[1]) Mit der anfänglich auch in Erwägung gezogenen Formel N, N, O einer alicyclischen Diazoverbindung steht das Verhalten der Substanz (z. B. gegen Jodlösung) im Widerspruch.

ihren Chemismus im Grossen und Ganzen durch das erste obiger Symbole besser ausgedrückt finden als durch das zweite, welches sie als „inneres“ Naphtyldiazoniumsalz erscheinen lässt.

Das nämliche Diazooxyd konnte (in übrigens nur geringer Menge) durch Einwirkung von salpetriger Säure auf salzsaures 2-Amino-1-naphtol erhalten werden:

NH_2 → N_2

OH O

Darstellung und Eigenschaften des Naphtalendiazooxyds.[1])

Eine in der Wärme hergestellte Lösung von 10 gr (pulverisiertem) β Naphtylamin in 70 gr Wasser und 7 ccm konzentrierter (36 prozentiger) Salzsäure wird unter fleissigem Rühren auf 0° abgekühlt (wobei sich das Naphtylaminchlorhydrat als Krystallbrei abscheidet), mit 20 ccm konzentrierter Salzsäure und kleinen Eisstückchen vermischt und mit einer Lösung von 5 gr Natriumnitrit in 20 gr Wasser diazotiert. Die eventuell zuvor filtrierte und mit 25 gr krystallwasserhaltigem, feinpulverisiertem Natriumacetat versetzte Lösung lässt man alsdann unter fleissigem Rühren in dünnem Strahl zu einer stark gekühlten und erst kurz zuvor bereiteten Lösung von 25 gr Natriumhydroxyd und 60 gr Ferridcyankalium in 1 Liter Wasser hinzufliessen, durch nachträgliches Hinzufügen von Eisstückchen allfälliger Erwärmung vorbeugend. Bei richtiger Arbeitsweise tritt kaum Gasentwicklung oder Schaumbildung ein. Nach 5—10 Minuten haben sich in der Regel geringe Mengen schmutzig brauner Flocken an der Oberfläche abgesondert, welche man gut thut, durch möglichst schnelle Filtration zu entfernen, damit sie nicht das kurz darauf in prächtigen gelben Nadeln auskrystallisierende Naphtalendiazooxyd verunreinigen. Die Abscheidung des letzteren ist nach 1½—2stündigem Stehen (bei 0°) zur Hauptsache beendet; es wird alsdann abgesaugt und gründlich mit kaltem Wasser gewaschen; nach weiteren 10 Stunden können noch

[1]) Nach Versuchen, welche ich gemeinsam mit Herrn Böcking ausgeführt habe. Vgl. dessen Inaug. Diss. Zürich, 1894, p. 39. Bamberger.

geringere Mengen einer zweiten, direkt fast chemisch reinen Fraktion des Oxydes in Form langer hellgelber Nadeln gesammelt werden. Den in der Mutterlauge verbleibenden Rest mit Aether auszuschütteln, verlohnt kaum.

Aus 10 gr Naphtylamin werden reichlich 8 gr Naphtalendiazooxyd erhalten. Zur Reinigung löst man dasselbe unter Zusatz von Tierkohle in kochendem (hochsiedendem) Ligroin, filtriert baldigst von etwas braunem, fest am Boden und an der Wandung sitzendem, halböligem Harz und kühlt schnell ab; das Oxyd krystallisiert alsdann in prachtvoll glänzenden, gelben Nadeln vom Schmelzpunkt 76°, der sich bei weiterem Umkrystallisieren aus (kaltem) Benzol-Ligroin nicht ändert. Man kann auch zum Umlösen kochendes Wasser benützen, welches die Substanz in reichlicher Menge beim Erkalten in hell goldgelben, seideglänzenden, haarfeinen Nadeln absetzt, doch ist es ratsam, jedesmal nur kleine Substanzmengen (reagenzglasweise) zu verwenden, da andernfalls erhebliche Zersetzung eintritt.

2,1 Naphtalendiazooxyd löst sich spielend in Benzol, Aether, Alkohol, leicht in kochendem, viel schwerer in kaltem Ligroin, sehr schwer in kaltem und mässig leicht in siedendem Wasser. Rauchende Salzsäure nimmt es schon in der Kälte auf mit bräunlich-olivgrüner Farbe und scheidet es auf Wasserzusatz unverändert in Form goldgelber Nadeln wieder ab. Es ist von ausserordentlicher Lichtempfindlichkeit, [1]) worauf beim Operieren mit diesem Körper stets Rücksicht zu nehmen ist. Analyse:

Ber: für $C_{10}H_6N_2O$	Gef. I	Gef. II
C = 70,54 %	70,73	70,64
H = 3,53 „	3,98	3,96
N = 16,48 „	16,69	16,80

Mit alkoholisch-wässrigen, alkalihaltigen Lösungen von α oder β Naphtol erzeugt 2,1 Naphtylendiazooxyd zwar Färbungen, indess auffällig langsam — besonders langsam und schwach, wenn die verwendeten Lösungen des Oxyds verdünnt sind; alkalisches R-Salz

[1]) Die goldgelbe Farbe der Krystalle ist nach etwa 10 Minuten dauernder Einwirkung diffusen Tageslichts in Kupferrot übergegangen und der Schmelzpunkt erheblich erniedrigt. Uebrigens sind auch die Lösungen des Diazooxyds lichtempfindlich.

zeigte sich selbst nach 1 bis 2stündiger Einwirkung nicht wesentlich verändert; alkalische Resorcinlösung dagegen wird (zum Unterschied von den Naphtolen) fast momentan intensiv violettrot gefärbt. Wir haben unser Oxyd mit den folgenden, meist schon länger bekannten Diazophenolen:

1) $C_6H_2(NO_2)_2<\binom{N_2}{O}>$ [1] 2) $C_6H_3(NO_2)<\binom{N_2}{O}>$ [1] 3) $C_6H_3<\binom{N_2}{O}>C_6H_3<\binom{N_2}{O}>$ [2]

4) $C_6H_3(Br)_2<\binom{N_2 \; (4)}{O \; (1)}$ (2,6) [3] 5) $C_6H_3(Br_2)<\binom{N_2}{O}>$ [4] 6) $C_6H_2Cl_3<\binom{N_2}{O}>$ [5]

in Bezug auf das Verhalten gegen alkalische Phenollösungen direkt verglichen und dabei den Eindruck erhalten, dass alle diese Diazooxyde den Charakter „echter“ Diazoverbindungen in sehr viel ausgesprochenerer Weise zeigen wie das unserige. Das gilt auch für das Verhalten gegen kochenden Alkohol bei Gegenwart von Pottasche — Versuchsbedingungen, unter welchen z. B. die unter 1—6 angeführten Substanzen auffallend leichter ihren Stickstoff entbinden wie das Naphtalendiazooxyd. Ein sehr bemerkenswerter Unterschied zeigt sich ferner im Verhalten gegen eisessigsaures, mit etwas Salzsäure versetztes α-Naphtylamin, durch welches alle die genannten Diazophenole fast augenblicklich kräftig gefärbt werden, während das unserige noch nach Stunden unverändert bleibt.

2,1 Naphtalendiazooxyd und Salzsäuregas.

Leitet man einen Salzsäurestrom durch die eisgekühlte, scharf getrocknete Aetherlösung des Oxyds, so fällt ein eigelber, glänzend krystallinischer Niederschlag eines Chlorhydrats, welches — 2 Stunden im Vacuum über Phosphorpentoxyd getrocknet — die der Formel $C_{10}H_6(N_2O)HCl$ entsprechende Zusammensetzung zeigt:

0,1648 gr gaben 0,1139 gr Ag Cl

Ber. für $C_{10}H_7N_2OCl$	Gef.:
Cl = 17,19 %	17,1

---

[1] Griess, Ann. Ch. Ph. **113**, 205.
[2] Kunze B. B. **21** 3333, Schütz ibid p. 3531.
[3] Böhmer J. p.: Ch. 24 449, Merte Diss. Marburg 1895, p. 14 und 25.
[4] Von uns aus gewöhnlichem Tribromanilin dargestellt. Näheres später.
[5] Von Herrn Prof. E. v. Meyer gütigst übersandt.

Das Salz verliert so schnell Salzsäure, dass eine die nämliche Zeit über Kali im Exsiccator getrocknete Substanzprobe nur mehr einen Chlorgehalt von 15 % zeigte. Dieser Zerfall in Naphtalendiazooxyd und Salzsäure wird auch durch kaltes Wasser bewirkt. Gegenüber alkalischen Phenollösungen verhält sich das Chlorhydrat wie das freie Oxyd.

Reduktion des 2,1 Naphtalendiazooxyds.[1]

3,5 gr des mehlfein zerriebenen Diazooxyds wurden unter Wasserkühlung in eine Lösung von 25 gr Zinnsalz in 40 ccm rauchender Salzsäure unter gutem Rühren allmählich eingetragen; durch Drücken mit dem Spatel ist dafür zu sorgen, dass sich keine Substanzpartikeln der Reduktion entziehen. Unter Einbusse seiner gelben Farbe verwandelt sich das Oxyd sehr rasch in salzsaures 2-Amino-1-naphtol, welches nach etwa einstündigem Stehen in so reichlicher Menge ausgeschieden ist, dass der Gefässinhalt einen steifen Brei bildet. Das abgesaugte und gründlich mit Aether gewaschene Salz wird durch Lösen in Wasser, Filtrieren und Zusatz konzentrierter Salzsäure gereinigt und auf diese Weise in Form glänzend weisser Blättchen erhalten, deren Analyse Herrn Böcking folgende Zahlen ergab:

Ber.: für $C_{10}H_6(OH)NH_2$, HCl	Gef.:
N = 7,18 %	7,04

Das Salz zeigte die von Liebermann[2]) für 2 Amino-1-naphtol angegebenen Eigenschaften in deutlichster Weise. Neben demselben findet sich α Naphtol vor und zwar in dem zur Reinigung des Chlorhydrats verwendeten Aether (s. oben). Es wurde durch einmalige Dampfdestillation und Krystallisation aus Wasser in reinem Zustand erhalten. (Auf diesem Wege ist also β Naphtylamin in α Naphtol übergeführt).

Führt man die Reduktion in der Hitze aus, so verschiebt sich das Mengenverhältnis der beiden Produkte zu Gunsten des Naphtols.

---

[1]) Nach Versuchen, welche gemeinsam mit O. Böcking ausgeführt wurden; vgl. dessen Inaug. Diss. p. 80.

[2]) Ann. Ch. Ph. **211**, 55.

Ueberführung von 2,1 Aminonaphtol in 2,1 Naphtalendiazooxyd.

4 gr 2-Amino-1-naphtolchlorhydrat, durch Reduktion des Naphtylendiazooxyds erhalten, wurden in salzsäurehaltigem Wasser bei 0° mit 1,5 gr Natriumnitrit versetzt; die sich alsbald unter starker Schaumbildung abscheidenden hellbraunen Flocken wurden nach halbstündigem Stehen abgesaugt, scharf ausgewaschen und im Dunkeln auf Thon getrocknet, wobei sie eine fast schwarze Farbe annehmen. Das Filtrat schied bei längerem (dreiviertelstündigem Stehen) eine weitere Menge ab, die mit obiger vereinigt wurde.

Als diese dunkeln, unerquicklichen Massen unter Tierkohlezusatz mit siedendem Ligroin (S. P. 100—120°) extrahiert wurden, resultierte eine orangegelbe Lösung, welche bei freiwilliger Verdunstung gelbe Krystalle abschied, die sich schon durch ihren Habitus als Naphtylendiazooxyd charakterisierten. Einmal aus Benzol-Ligroin umkrystallisiert, bildeten sie goldgelbe, seideglänzende Nadeln, welche sämtliche Eigenschaften des genannten Diazooxyds in so zweifelloser Weise zeigten, dass Analysen überflüssig waren.

Die von obigen Ausscheidungen abfiltrierte, wässerige Mutterlauge enthielt weitere (geringe) Mengen derselben Substanz, welche — mittels Aether gesammelt — ebenfalls leicht als Diazooxyd zu identifizieren waren.

Die aus Aminonaphtol erhältliche Quantität an letzterem ist äusserst spärlich.

2,1 Naphtalendiazooxyd und Phosphorpentasulfid.

Die Erwägung, dass unser Oxyd möglicherweise den Diazosulfiden (und Azimiden) strukturanalog[1]) sei:

$$C_{10}H_6\langle{}^{N}_{O}\rangle N \qquad C_{10}H_6\langle{}^{N}_{S}\rangle N \qquad C_{10}H_6\langle{}^{N}_{NH}\rangle N$$

[1]) Herr Hantzsch hält es (B. B. **29**, 1526) für wahrscheinlich, dass „die meisten und namentlich die halogenisierten und nitrierten Diazophenole“ der Formel Alph$\langle{}^{\overset{II}{N}}_{O}\rangle$N gemäss konstituiert sind. Unter seinen Argumenten findet sich als Thatsache angeführt, dass jene Diazophenole farbig sind und sich in

veranlasste uns, dasselbe der Einwirkung des Schwefelphosphors zu unterwerfen.

1 gr des ersteren wurde mit 1,3 gr des letzteren (dasselbe war für den Versuch frisch dargestellt worden) und 1 gr Sand innig gemischt und auf dem Wasserbad erwärmt. Bei etwa 70° tritt die von lebhafter Gasentwickelung begleitete Reaktion ein, zu deren Vollendung noch einige Zeit erwärmt wird. Der Kolbeninhalt wird mit Wasser übergossen, etwa 1 Stunde zur Vertreibung des Schwefelwasserstoffs auf dem erhitzten Wasserbad belassen und dann der Dampfdestillation unterworfen. Im Kühlrohr und im Destillat sammeln sich glänzend weisse, verfilzte Nadeln, welche durch Umkrystallisieren aus siedendem Wasser, Ligroin oder konc. Salzsäure unschwer zu reinigen sind. Der bei 91—91,5° liegende Schmelzpunkt, sowie die übrigen Eigenschaften dieses Körpers beweisen seine Identität mit dem auf anderem Wege

---

dieser Beziehung den ebenfalls „farbigen, ringförmigen, echten Diazoverbindungen (Diazoessigäther, Thiodiazophenol u. s. w.)" anschliessen. Diese als Beweismittel verwertete Eigenschaft besitzen aber die Thiodiazophenole nicht: Jakobson hebt in seiner grossen Arbeit über die letzteren ausdrücklich ihre Farblosigkeit hervor (Lieb. Ann. **277**, 212 und 214). Bekanntlich sind auch die Azimide $\overset{II}{\mathrm{Alph}}\langle{}^{N}_{NH}\rangle N$ farblos. Ob alle Verbindungen vom Ammonium- und Diazoniumtypus farblos sind (wie Herr Hantzsch behauptet) erscheint mir fraglich; ich verweise z. B. auf Lieb. Ann. **243**, 283; **287**, 130, 165. B. B. **28** R, 635, ferner B. B. **28**, 2057, **30**, 54. Einige der hier zitierten Salze sind auch (laut Angabe) in Lösung gefärbt; es dürften daher wohl auch farbige Diazoniumionen existieren. Bei dieser Gelegenheit möchte ich ferner (bezüglich der weiteren Hantzsch'schen Argumente) darauf aufmerksam machen, dass es Salze gibt, welche sich in organischen Solventien viel leichter lösen als in Wasser, z. B. $\mathrm{Hg}\langle{}^{CH_3}_{Cl}$, schwerer in kaltem Wasser als in Aether löslich (nebenbei bemerkt — fand ich auch, dass es äusserst leicht mit Dampf flüchtig ist). — Ich halte es für wahrscheinlich, dass die „meisten, namentlich die halogenisierten und nitrierten Diazophenole" trotz ihrer gelben Farbe „innere" Diazoniumsalze von der Formel $\overset{II}{\mathrm{Alph}}\langle{}^{N \equiv N}_{O}\rangle$ darstellen, zumal sich unter ihnen solche befinden, deren (N_2) und (O) Radikale paraständig sind. Bei dieser Auffassungsweise ist der grosse Unterschied im Verhalten der Diazosulfide und Azimide einerseits und der bisher bekannten Diazooxyde (Diazophenole) andererseits wohl verständlich. Etwa zwischen beiden Körperklassen stehen ihrem Verhalten nach die Naphtalendiazooxyde (vgl. B. B. **27**, 679). Bamberger.

Wege von P. Jacobson dargestellten Naphtylendiazosulfid von der Formel

N[1] .
‖
S — N

Auch unsere Substanz zeigte beim Erhitzen die von dem Entdecker angegebene Eigentümlichkeit einer bei höherer Temperatur eintretenden Gasentwickelung. Analyse:

	Ber. für $C_{10}H_6 <^{N_2}_{S}>$	Gef.
0,1016 gr gaben 0,1280 gr $BaSO_4$	S = 17,20	17,30

Die damit nachgewiesenen genetischen Beziehungen zwischen Naphtalendiazooxyd und -sulfid sind natürlicherweise nicht als Beweis für die konstitutionelle Zusammengehörigkeit beider Körper zu betrachten. Letztere unterscheiden sich von einander — was nicht verschwiegen werden darf — in verschiedenen Beziehungen. Das Diazosulfid ist (ebenso wie die Azimide) vor dem Naphtalendiazooxyd durch sehr viel grössere Beständigkeit (Ringfestigkeit) ausgezeichnet, die sich vornehmlich im Verhalten gegen kochendes Wasser, Alkalien und Säuren äussert[2]). Derartige Unterschiede stehen indes nicht im Widerspruch mit der Annahme einer Strukturanalogie; sind sie in ähnlichem Sinne doch beispielsweise auch bei Imidazolen und Thiazolen einerseits, Oxazolen anderseits vorhanden — also bei Körperklassen, welchen der nämliche Formeltypus

$$\mathrm{Alph}^{II}<^{R}_{N}>C-$$

zugewiesen wird.

Was uns die Annahme einer Strukturanalogie zwischen Naphtalendiazooxyd und den (farblosen) Diazosulfiden resp. Azimiden bedenklich erscheinen lässt, ist die gelbe Farbe des ersteren.

---

[1]) Ann. Ch. Ph. **277**, 260; dort wird der Schmelzpunkt zu 80° angegeben.
[2]) Hier ist auch die Thatsache anzuführen, dass Naphtalendiazosulfid weder alkalische Naphtol- noch Resorcinlösungen färbt.

2,1 Naphtalendiazooxyd und Kaliumsulfit

Oxynaphtyldiazosulfonsaures Kalium $C_{10}H_6 \langle{}^{OH\ (1)}_{N_2.SO_3K\ (2)}$

Das Verhalten des Diazooxyds gegen Sulfitlösungen, durch die Gleichung

$$C_{10}H_6 \langle{}^{N_2}_{O}\rangle + HSO_3K = C_{10}H_6 \langle{}^{N_2 . SO_3K}_{OH}$$

wiederzugeben, steht mit Formel II (s. den Anfang dieser Abhandlung) in bester Uebereinstimmung, ohne indes die Formel I auszuschliessen.

1 gr Diazooxyd wird mit einer konzentrierten wässrigen Lösung von 3 gr käuflichem Kalium sulfurosum erhitzt, bis es klar gelöst ist; beim Abkühlen scheidet sich in reichlicher Menge das in der Ueberschrift bezeichnete Salz in Form eines glänzend krystallinischen, orangegelben Niederschlags ab, welcher durch Krystallisation aus kochendem Wasser leicht zu reinigen ist. Analyse:

0,1054 gr gaben 0,0870 gr $BaSO_4$

Ber. für $C_{10}H_7N_2SO_4K$	Gef.
S = 11.03	11.33

Derselbe Körper entsteht bei Anwendung der technischen Kaliumbisulfitlösung, welche übrigens ein Operieren mit nicht zu grossen Mengen ratsam erscheinen lässt; wir fanden es zweckmässig, für jeden Versuch nur etwa 0,2 gr Diazooxyd zu benützen. Die zunächst entstehende, tiefrote Lösung setzt das Diazosulfonat sehr bald — noch während des Erhitzens — in glänzenden Nädelchen ab, welche die Flüssigkeit nach dem Erkalten breiartig erfüllen. Analyse:

0,1378 gr. gaben 0,1108 gr $BaSO_4$

Ber. für $C_{10}H_7N_2SO_4K$	Gef.
S = 11.03	11.04

Das 1-Naphtol- 2-Diazosulfonsaure Kalium löst sich schwer in kaltem, leicht in kochendem Wasser und leicht in Alkalien. Eisenchlorid bewirkt in der verdünnt-wässrigen Lösung eine dunkelrote Färbung, in konzentrierterer Lösung Ausscheidung rotbrauner Flocken.

Durch Reduktion des Sulfonats entsteht 2-Amino-1-Naphtol

$$C_{10}H_6\langle{}^{OH\ (1)}_{NH_2\ (2)}:$$

Lässt man das Salz, in Eisessig suspendiert, in der Kälte mehrere Stunden in Berührung mit Stanniol stehen, so tritt vollständige Entfärbung ein. Der (erst mit Natron, zum Schluss) mit Soda alkalisierten Lösung lässt sich durch Aether ein Körper entziehen, welcher sämtliche von Liebermann [1]) angegebene Eigenschaften des β-Amino-α-Naphtols zeigt. Herr Dr. Kraus oxydierte ihn ferner mit Bichromat und Schwefelsäure und erhielt α,α-Dinaphtyl-β-Dichinon [2]), welches er durch Ueberführung in das in metallglänzenden, dunkelroten Blättchen vom Schmelzpunkt 248 bis 250° krystallisierende Tetranilid [3]) charakterisieren konnte.

Das

Verhalten des 2,1 Naphtalendiazooxyds gegen Schwefelsäure

ist eigentümlich, denn man erhält nicht das zu erwartende 1, 2, sondern 1, 4 Naphtohydrochinon:

$$C_{10}H_6\langle{}^{O}_{N_2} + H_2O = N_2 + C_{10}H_6(OH)_2$$

Um dasselbe in reinem Zustand isolieren zu können, muss sowohl die Menge des zu verwendenden Diazooxyds als auch die Menge und Konzentration der Säure richtig bemessen werden. Folgende Vorschrift ist empfehlenswert:

Portionen von je etwa 0,1 gr Naphtalendiazooxyd werden im Reagenzrohr mit 15-20 ccm Schwefelsäure (1 Vol. H_2SO_4 : 2 Vol. H_2O) zunächst schwach erwärmt und dann, nachdem die lebhafte Stickstoffentwickelung fast aufgehört hat, stärker gekocht, was die Ausscheidung violettroter Flocken zur Folge hat. Die durch Glaswolle abfiltrierte, heisse Lösung setzt beim Erkalten verfilzte, weisse Nädelchen ab, welche — aus siedendem Benzol und Ligroin um-

---

[1]) Ann. Ch. Ph. **211**, 55.

[2]) B. B. **19**, 2483.

[3]) B. B. **17**, 3022.

krystallisiert — den konstanten Schmelzpunkt 173° und alle sonstigen Eigenschaften des Paradioxynaphtalins zeigen. Analyse:

0,1078 gr gaben 0,2964 gr CO_2 und 0,0484 gr H_2O

Ber. für $C_{10}H_6(OH)_2$	Gef.
C = 75 %	74,98 %
H = 5 »	4,99 »

Kochende Eisenchloridlösung verwandelt die Substanz in α-Naphtochinon, das nach einmaliger Dampfdestillation in reinem Zustand vorlag.

Da die Bildung des 1,4 Dioxynaphtalins aus 2,1 Naphtalendiazooxyd recht unerwartet ist [1]) haben wir die Identität des weiteren dadurch festgestellt, dass wir es durch Erwärmen mit Essigsäureanhydrid und Natriumacetat in 1,4 Diacetylnaphtohydrochinon überführten — glitzernde, weisse Nädelchen, welche alle für diesen Körper von Korn [2]) angegebenen Eigenschaften aufwiesen.

Die bereits erwähnten, durch Filtration entfernten Flocken verdanken ihre Entstehung wahrscheinlich der Einwirkung heisser Schwefelsäure auf 1,4 Naphtohydrochinon und dürften das von Korn beschriebene Dinaphtyldihydrochinon darstellen. Als wir jenes Nebenprodukt über Zinkstaub destillierten, konnten wir thatsächlich eine aus erkaltendem Alkohol in perlmutterglänzenden, weissen Blättchen krystallisierende Substanz erhalten, die den dem ββ-Dinaphtyl [3]) eigenen Schmelzpunkt von 187° zeigte.

Zürich, analyt.-chem. Laborat. des eidg. Polytechnikums, 18. Juni 1897.

---

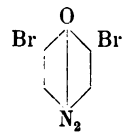
[1]) Vgl. übrigens die Beobachtung von Bamberger und Kitschelt B. B. **23**, 880.
[2]) B. B. **17**, 3025.
[3]) Ibid. p. 3026.

Notiz über die von Böhmer dargestellten Dibromphenylendiazooxyde.

Von

Emil Kraus.

Durch Bromierung von p. Diazophenolsalzen erhielt Böhmer[1]) ein Dibromphenylendiazooxyd



welches bei 137° verpufft. Daselbe verwandelt sich durch Reduktionsmittel in ein Dibromamidophenol

$$C_6H_2(Br_2)\langle{}^{NH_2}_{OH}$$

aus welchem (nach Böhmer) durch Diazotierung ein dem obengenannten isomeres Dibromphenylendiazooxyd vom Zersetzungspunkt 145° hervorgeht.

Da die Vermutung Böhmer's, dass die Verschiedenheit seiner Diazooxyde auf Stellungsisomerie beruhe, sehr willkürlich ist und wenig für sich hat und da die Thatsache der von ihm festgestellten Isomerie theoretisches Interesse beansprucht, so habe ich auf Veranlassung von Herrn Professor Bamberger die Angaben Böhmers kontrolliert. Ich konnte dieselben nicht bestätigen, denn beide Oxyde, genau nach den Angaben des Entdeckers dargestellt und sorgfältig gereinigt, liessen keine Unterschiede erkennen. Die von Böhmer aufgefundenen Differenzen dürften auf ungenügende Reinheit seiner Substanzen zurückzuführen sein.

Beide Substanzen — die durch Bromierung und die durch Diazotierung erhaltene — verpuffen, im nämlichen Bad erhitzt, bei

---

[1]) J. pr. Ch. **24**, 449; bez. der Konstitution vgl. Merte, Inaug. Diss. Marburg, 1895.

derselben Temperatur, nämlich — je nach dem Tempo des Erhitzens — bei 145° bis 154°[1]). Auch im übrigen erweisen sie sich völlig identisch. Mit alkalischen Lösungen von α und β Naphtol, Resorcin, ferner mit eisessigsaurem α Naphtylamin erzeugen sie momentan intensive Färbungen.

Das durch Bromierung von salzsaurem Diazophenol erhaltene Präparat enthielt 57,44 % Brom, während sich 57,54 % berechnen.

Die Diazotierung des in Alkohol gelösten, salzsauren p. Amidophenols wurde sowohl nach Böhmers Vorschrift mittels salpetriger Säure als auch mit Amylnitrit bewerkstelligt.

Zürich, analyt.-chem. Laboratorium des eidg. Polytechnikums.

---

[1]) Inzwischen ist die irrtümliche Schmelzpunktsangabe Böhmers für das durch Bromieren von Diazophenol erhaltene Oxyd auch von Hantzsch und Davidson korrigiert worden (B. B. **29**, 1531); der von mir geprüften Isomeriefrage scheinen die genannten Forscher nicht nachgegangen zu sein.

Endlichkeit der Klassenanzahl, sondern auch der enge Zusammenhang, der zwischen derselben und der Klassenanzahl der idealen komplexen Zahlen stattfindet. Zum Schlusse wird dann noch gezeigt, in welcher Beziehung die komplexen Einheiten zu den Transformationen der Formen in sich selbst stehen.

Der Einfachheit wegen beschränke ich mich hier auf eine specielle Gattung kubischer Formen, wende aber dabei möglichst Methoden an, deren allgemeine Anwendbarkeit auf Formen beliebiger Grade sofort einleuchtet. Bei der Entwicklung der hiebei in Anwendung kommenden speciellen Theorie aus Kubikwurzeln gebildeter komplexer Zahlen mache ich nach dem Vorgange von Herrn Selling (Ueber die idealen Primfaktoren der komplexen Zahlen, welche aus Wurzeln einer beliebigen irreduktibeln Gleichung rational gebildet sind, in Schlömilch's Zeitschrift X. Jahrg. 1865) von der Theorie der imaginären Kongruenzwurzeln Gebrauch, wie sie von Gauss (im Nachlass) angedeutet, von Galois und Serret ausgeführt worden ist.

I.

§ 1. Zerlegung in Linearfaktoren.

Es sei
$$f(x_1, x_2, \ldots\ldots x_n)$$
eine ganze homogene, in lineare Faktoren zerlegbare Funktion (Form) m^{ten} Grades von n Unbestimmten
$$x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$$
und mit reellen ganzen Zahlen zu Koeffizienten.

Durch eine lineare Transformation lässt sich immer bewirken, dass der Koeffizient von x_1^m, wenn er es nicht schon sein sollte, von 0 verschieden wird; es sei also derselbe $= a$. Alsdann kann die Form in folgender Weise (vgl. Hermite, Journal v. Liouville Bd. 64) zerlegt werden:
$$f = a\,\overset{1}{u}\,\overset{2}{u}\ldots\ldots\overset{m}{u},$$
wo
$$\overset{1}{u} = x_1 + \overset{1}{u}_2\,x_2 + \cdots\cdots + \overset{1}{u}_n\,x_n$$
$$\overset{2}{u} = x_1 + \overset{2}{u}_2\,x_2 + \cdots\cdots + \overset{2}{u}_n\,x_n$$
$$\vdots$$
$$\overset{m}{u} = x_1 + \overset{m}{u}_2\,x_2 + \cdots\cdots + \overset{m}{u}_n\,x_n.$$

Setzen wir nun

$$x_3 = 0,\ x_4 = 0, \ldots\ldots x_n = 0,$$

so können wir die binäre Form m^{ten} Grades

$$f(x_1, x_2, 0, \ldots\ldots 0) = \varphi(x_1, x_2)$$

in lineare Faktoren zerlegen. Es sei

$$\varphi(x_1, x_2) = a(x_1 + \omega_1 x_2)(x_1 + \omega_2 x_2) \ldots\ldots (x_1 + \omega_m x_2);$$

somit

$$\overset{1}{u}_2 = \omega_1, \overset{2}{u}_2 = \omega_2, \ldots\ldots \overset{m}{u}_2 = \omega_m,$$

wo

$$\omega_1, \omega_2 \ldots\ldots \omega_m$$

die Wurzeln sind der Gleichung:

$$\varphi(x, -1) = 0.$$

Um nun

$$\overset{1}{u}_3, \overset{2}{u}_3, \ldots\ldots \overset{m}{u}_3$$

zu bestimmen, setze man

$$x_4 = 0,\ x_5 = 0, \ldots\ldots x_n = 0$$

und vergleiche die Koeffizienten von $x_1^k x_2^l x_3$ $(k = 0,1 \ldots m-1)$ in der Gleichung

$$f(x_1, x_2, x_3, 0, \ldots\ldots 0)$$

$$= a(x_1 + \omega_1 x_2 + \overset{1}{u}_3 x_3)(x_1 + \omega_2 x_2 + \overset{2}{u}_3 x_3) \ldots (x_1 + \omega_m x_2 + \overset{m}{u}_3 x_3),$$

so sieht man, dass die Produkte aus a in folgende Aggregate ganze Zahlen sind:

$$\begin{array}{l}
\overset{1}{u}_3 + \overset{2}{u}_3 \ldots\ldots + \overset{m}{u}_3 \\
\overset{1}{u}_3(\omega_2 + \omega_3 + \cdots\cdots \omega_m) + \overset{2}{u}_3(\omega_1 + \omega_3 + \cdots \omega_m) + \cdots\cdots + \overset{m}{u}_3 (\omega_1 + \omega_2 + \cdots + \omega_{m-1}) \\
\text{(A)}\ \overset{1}{u}_3(\omega_2\omega_3 + \cdots + \omega_{m-1}\omega_m) + \overset{2}{u}_3(\omega_1\omega_3 + \cdots + \omega_{m-1}\omega_m) + \cdots + \overset{m}{u}_3 (\omega_1\omega_2 + \cdots + \omega_{m-2}\omega_{m-1}) \\
\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
\overset{1}{u}_3 \cdot \omega_2\omega_3 \ldots\ldots\ldots \omega_m + \overset{2}{u}_3 \cdot \omega_1\omega_3 \ldots\ldots \omega_m + \ldots + \overset{m}{u}_3\ \omega_1\omega_2 \ldots\ldots \omega_{m-1}
\end{array}$$

Die Determinante Δ dieses Systems verschwindet, so oft zwei von den Wurzeln $\omega_1, \omega_2 \ldots \omega_m$ einander gleich werden; sie ist also durch das Produkt aller Wurzeldifferenzen teilbar, ausserdem

ist sie vom Grade $\frac{m(m-1)}{2}$ und hat als Anfangsglied

$$1 \cdot \omega_1 \cdot \omega_1 \omega_2 \cdot \omega_1 \omega_2 \omega_3 \ldots\ldots \omega_1 \omega_2 \ldots \omega_{m-1} = \omega_1^{m-1} \omega_2^{m-2} \ldots\ldots \omega_{m-2}^2 \cdot \omega_{m-1};$$

sie ist somit identisch mit dem Produkte aller Wurzeldifferenzen:

$$\Delta = (\omega_1 - \omega_2)(\omega_1 - \omega_3) \ldots\ldots (\omega_{m-1} - \omega_m)$$

$$= (-1)^{\frac{m(m-1)}{2}} \begin{vmatrix} 1, & 1, & \ldots\ldots & 1 \\ \omega_1, & \omega_2, & \ldots\ldots & \omega_m \\ \omega_1^2, & \omega_2^2, & \ldots\ldots & \omega_m^2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \omega_1^{m-1}, & \omega_2^{m-1}, & \ldots & \omega_m^{m-1} \end{vmatrix}$$

Wird nun vorerst angenommen, die Gleichung $\varphi(x, -1) = 0$ habe keine gleichen Wurzeln, die Diskriminante Δ^2 derselben sei also von null verschieden, so lassen sich die Koeffizienten

$$\overset{1}{u}_3, \overset{2}{u}_3, \ldots\ldots \overset{m}{u}_3$$

aus obigen Gleichungen bestimmen als ganze Funktionen der Wurzeln $\omega_1, \omega_2 \ldots \omega_m$ mit Koeffizienten, welche Brüche sind mit dem gemeinsamen Nenner $a\,\Delta^2$.

Vertauscht man im System (A) die Indices der Wurzeln ω in beliebiger Weise und zugleich die obern Indices von u_3 in derselben Weise, so bleibt das System (abgesehen von der Aufeinanderfolge der Summanden) völlig ungeändert, und es ist somit $\overset{k}{u}_3$ eine symmetrische Funktion der $m - 1$ Wurzeln

$$\omega_1, \omega_2 \ldots\ldots \omega_{k-1}, \omega_{k+1} \ldots\ldots \omega_m$$

und daher als ganze rationale Funktion von ω_k darstellbar und zwar als dieselbe, welche $\overset{1}{u}_3$ von ω_1 ist. Man kann also setzen:

$$\overset{k}{u}_3 = \overset{3}{a}_0 + \overset{3}{a}_1 \omega_k + \cdots\cdots + \overset{3}{a}_{m-1} \omega_k^{m-1}.$$

Ganz in derselben Weise stellen sich auch $\overset{k}{u}_4 \ldots \overset{k}{u}_m$ dar, so dass der Ausdruck für $\overset{k}{u}$ wird:

$$\overset{k}{u} = x_1 + \omega_k x_2 + (\overset{3}{a}_0 + \overset{3}{a}_1 \omega_k + \cdots\cdots\cdots + \overset{3}{a}_{m-1} \omega_k^{m-1}) x_3 + \cdots$$

$$\cdots\cdots + (\overset{n}{a}_0 + \overset{n}{a}_1 \omega_k + \cdots\cdots\cdots + \overset{n}{a}_{m-1} \omega_k^{m-1}) x_n,$$

wo die Koeffizienten a rationale Brüche sind, in deren Nenner keine andern Primfaktoren vorkommen als solche, welche in a und Δ^2 enthalten sind.

In den obigen Ausdrücken kommen die Unbestimmten nur in folgenden m Verbindungen vor:

$$\begin{array}{l} x_1 + \overset{3}{a}_0 x_3 + \overset{4}{a}_0 x_4 + \cdots\cdots + \overset{n}{a}_0 x_n \\ x_2 + \overset{3}{a}_1 x_3 + \overset{4}{a}_1 x_4 + \cdots\cdots + \overset{n}{a}_1 x_n \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \overset{3}{a}_{m-1} x_3 + \overset{4}{a}_{m-1} x_4 + \cdots\cdots + \overset{n}{a}_{m-1} x_n ; \end{array}$$

setzt man diese Ausdrücke neuen Variabeln $y_1, y_2, \ldots y_m$ gleich, so wird

$$\overset{k}{u} = y_1 + \omega_k y_2 + \overset{2}{\omega}_k y_3 + \cdots\cdots + \omega_k^{m-1} y_m,$$

und es lassen sich daher diejenigen Formen, deren Grad m kleiner ist als die Anzahl n der Unbestimmten, immer auf solche reduzieren, wo $n = m$. Da ferner die Formen, für welche $n < m$, aus denjenigen, in welchen $n = m$ ist, hervorgehen, wenn $n - m$ der Unbestimmten gleich null gesetzt werden, so genügt es anzunehmen, es sei der Grad der Gleichung gleich der Anzahl der Unbestimmten.

§ 2. Der Fall, wo $\Delta = 0$.

Es bleibt noch der Fall zu untersuchen, wo die Gleichung $\varphi(x, -1) = 0$ gleiche Wurzeln hat.

In diesem Falle kann man, anstatt Glieder in $x_1^{m-p} x_2^p$ zu betrachten, an Stelle von x_2 irgend eine andere Unbestimmte x_k wählen, für welche die Koeffizienten $\overset{r}{u}_k$ alle von einander verschieden sind. Giebt es kein solches x_k, ist aber kein Linearfaktor $\overset{r}{u}$ mit einem andern identisch, so ist es doch stets möglich, durch eine lineare Transformation zu bewirken, dass die Gleichung $\varphi(x, -1) = 0$ ungleiche Wurzeln hat.

In der That: wird $\overset{r}{u}$ durch die Substitution

$$\begin{array}{l} x_1 = y_1 + \beta\, y_2 + \gamma\, y_3 + \cdots\cdots + \lambda\, y_n \\ x_2 = \beta' y_2 + \gamma' y_3 + \cdots\cdots + \lambda' y_n \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ x_n = \beta^{(n-1)} y_2 + \gamma^{(n-1)} y_3 + \cdots\cdots + \lambda^{(n-1)} y_n \end{array}$$

transformiert und geht es dabei über in

$$\overset{r}{u}' = y_1 + \overset{r}{u}_2' \, y_2 + \cdots\cdots\cdots + \overset{r}{u}_n' \, y^n,$$

so ist

$$\overset{1}{u}_2' = \beta + \overset{1}{u}_2 \, \beta' + \overset{1}{u}_3 \, \beta'' + \cdots\cdots + \overset{1}{u}_n \, \beta^{(n-1)}$$

$$\overset{2}{u}_2' = \beta + \overset{2}{u}_2 \, \beta' + \overset{2}{u}_3 \, \beta'' + \cdots\cdots + \overset{2}{u}_n \, \beta^{(n-1)}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\overset{m}{u}_2' = \beta + \overset{m}{u}_2 \, \beta' + \overset{m}{u}_3 \, \beta'' + \cdots\cdots + \overset{m}{u}_n \, \beta^{(n-1)}.$$

Die ganzen Zahlen β', $\beta'' \ldots . \beta^{(n-1)}$ lassen sich unter obiger Voraussetzung immer so wählen, dass die Grössen $\overset{1}{u}_2'$, $\overset{2}{u}_2'$, $\ldots$ $\overset{m}{u}_2'$ alle von einander verschieden sind.

Seien vorerst die mn Grössen $\overset{r}{u}_k$ alle reell und sei μ der kleinste absolute Wert von denjenigen Differenzen

$$\overset{r}{u}_k - \overset{s}{u}_k, \ (r \gtrless s),$$

welche nicht null sind, M der grösste. Da es sich hier um rein algebraische Grössen handelt, so kann das Minimum, ohne genau null zu werden, nicht unter eine bestimmte endliche Grösse hinabsinken, noch das Maximum eine bestimmte endliche Grösse übersteigen.

Man nehme nun eine ganze positive Zahl h an, die den beiden Bedingungen

$$h > M, \ h\mu > 1 + \frac{1}{h^2 - 1} \left(= \frac{h^2}{h^2 - 1} \right)$$

genüge, und setze

$$\beta' = 1, \beta'' = h^2, \beta''' = h^4, \ldots\ldots \beta^{(n-1)} = h^{2n-4};$$

dann behaupte ich, dass obiger Forderung genügt sei. Wäre nämlich

$$\overset{r}{u}_2' = \overset{s}{u}_2',$$

so müsste sein

$$0 = \overset{r}{u}_2 - \overset{s}{u}_2 + h^2 (\overset{r}{u}_3 - \overset{s}{u}_3) + \cdots\cdots + h^{2n-4} (\overset{r}{u}_n - \overset{s}{u}_n).$$

Nun ist das Glied

$$h^{2k-4} (\overset{r}{u}_k - \overset{s}{u}_k)$$

entweder genau null, oder es liegt dem absoluten Werte nach zwischen

$$h^{2k-4}\,\mu \text{ und } h^{2k-4}\,M,$$

d. h. zwischen

$$h^{2k-5}\,\frac{h^2}{h^2-1} = \frac{h^{2k-3}}{h^2-1} \text{ und } h^{2k-3}.$$

Wären nun etwa die Differenzen

$$\overset{r}{u}_n - \dot{u}_n,\ \overset{r}{u}_{n-1} - \dot{u}_{n-1},\ \ldots\ldots\ \overset{r}{u}_{k+1} - \dot{u}_{k+1}$$

alle gleich null, dagegen $\overset{r}{u}_k - \dot{u}_k$ von null verschieden, so wird die Summe aller vorhergehenden Glieder

$$\overset{r}{u}_2 - \dot{u}_2 + h^2(\overset{r}{u}_3 - \dot{u}_3) + \cdots + h^{2k-6}(\overset{r}{u}_{k-1} - \dot{u}_{k-1})$$

numerisch kleiner als

$$h + h^3 + h^5 + \cdots\cdots + h^{2k-5} = h\,\frac{h^{2k-4}-1}{h^2-1} < \frac{h^{2k-3}}{h'-1}$$

und könnte sich somit gegen den Wert von $h^{2k-4}(\overset{r}{u}_k - \dot{u}_k)$, der numerisch grösser ist als $\frac{h^{2k-3}}{h^2-1}$, nicht aufheben; obige Summe kann daher nur zu null werden, wenn alle Differenzen null sind, d. h. $\overset{r}{u}$ mit $\dot{u}$ identisch ist.

Sind die Grössen $\overset{r}{u}_k$, $\dot{u}_k$ nicht alle reell, so kann man die imaginären und reellen Teile gesondert betrachten und nimmt für h die grössere der hiebei in Anwendung kommenden Zahlen h.

Sind dabei einige der Reihen $\overset{r}{u}$ in den reellen Teilen identisch, so nehme man nur eine von ihnen; sie müssen dann in ihren imaginären Teilen alle verschieden sein und die betreffenden u_2' werden sich in ihren reellen Teilen nicht, wol aber in ihren imaginären unterscheiden, und ähnlich ist zu verfahren, wenn einige Reihen in den imaginären Teilen koincidieren sollten.

§ 3. Zerlegung der Form für den Fall $\Delta = 0$.

Nach dieser Transformation kann die Gleichung $\varphi(x, -1) = 0$ nur dann noch gleiche Wurzeln haben, wenn die betreffenden Linearfaktoren vollständig gleich sind. In diesem Falle aber lässt sich die Form in ein Produkt von zerlegbaren Formen mit rationalen Koeffizienten zerfällen.

Um dies nachzuweisen, will ich zuvörderst zeigen, dass das Produkt der gemeinschaftlichen Linearfaktoren zweier zerlegbarer

Formen sich als zerlegbare Form mit rationalen Koeffizienten darstellen lässt.

Es seien

$$f(x_1, x_2 \ldots\ldots x_n) \text{ und } F(x_1, x_2 \ldots\ldots x_n)$$

zwei zerlegbare Formen resp. von den Graden m und p, welche den zerlegbaren Faktor

$$\varphi(x_1, x_2 \ldots\ldots x_n)$$

vom Grade q gemein haben sollen, und es sei

$$f(x_1, x_2, \ldots\ldots x_n) = \varphi(x_1, x_2 \ldots\ldots x_n) \cdot \psi(x_1, x_2 \ldots\ldots x_n)$$
$$F(x_1, x_2, \ldots\ldots x_n) = \varphi(x_1, x_2 \ldots\ldots x_n) \cdot \Psi(x_1, x_2 \ldots\ldots x_n).$$

Die Koeffizienten von x_1^m und x_1^p resp. können wiederum als von null verschieden und einander gleich angenommen werden.

Haben nun die Gleichungen

$$f(x, -1, 0, 0 \ldots\ldots 0) = f_1(x) = 0$$
$$\text{und } F(x, -1, 0, \ldots\ldots 0) = F_1(x) = 0$$

einen gemeinschaftlichen Faktor von höherm Grade als dem q^{ten}, so sind die Formen f und F zuerst auf ähnliche Weise wie oben durch eine gemeinsame Substitution in solche zu transformieren, für welche diese Gleichungen nur q gemeinschaftliche Wurzeln haben. Ist dies erreicht, so suche man nach der gewöhnlichen Methode den grössten gemeinschaftlichen Divisor von $f_1(x)$ und $F_1(x)$. Dieser wird sein

$$\varphi_1(x) = \varphi(x, -1_1\, 0, \ldots\ldots 0);$$

dadurch sind die Koeffizienten der binären Form $\varphi(x_1, x_2, 0 \ldots\ldots 0)$ bestimmt, und man kann weiter so verfahren:

Man bestimme durch Division

$$\psi_1(x) = \frac{f_1(x)}{\varphi_1(x)},$$

so wird sein

$$f(x_1, x_2, 0, \ldots\ldots 0) = \varphi(x_1, x_2, 0, \ldots\ldots 0)\, \psi(x_1, x_2, 0, \ldots\ldots 0);$$

nun füge man in φ und ψ Glieder der Form

$$x_1^k\, x_2^l\, x_3, \text{ (wo } k + l = q - 1 \text{ in } \varphi, \text{ und } = m - q - 1 \text{ in } \psi \text{ ist)}$$

mit unbestimmten Koeffizienten hinzu, so erhält man ebensoviel lineare Gleichungen, um dieselben zu bestimmen; dann berechne

man in derselben Weise die Glieder in $x_1^k x_2^l x_3$ u. s. w., so ergiebt sich zuletzt

$$\varphi(x_1, x_2, x_3, 0, \ldots\ldots 0) \text{ und } \psi(x_1, x_2, x_3, 0, \ldots\ldots 0).$$

Auf dieselbe Weise fortfahrend, gelangt man successive zur Kenntnis der Glieder, welche ausser x_1, x_2, x_3 auch x_4, hierauf derer, welche noch x_5 enthalten u. s. f. Man sieht also, dass die gemeinsamen Faktoren von f und F ein Produkt bilden, welches selbst eine zerlegbare Form mit rationalen Koeffizienten ist.

Sei nun U das Produkt aus Faktoren von f, welche α mal, V derer, welche β mal vorkommen, u. s. w.; also

$$f = U^\alpha V^\beta W^\gamma \ldots\ldots$$
$$\text{und } \alpha > \beta > \gamma > \ldots\ldots;$$

dann ist

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} = U^{\alpha-1} V^{\beta-1} W^{\gamma-1} \ldots \left\{ \alpha \frac{\partial U}{\partial x_1} VW \ldots + \beta U \frac{\partial V}{\partial x_1} W \ldots + \ldots \right\}$$

und es ist

$$f_1 = U^{\alpha-1} V^{\beta-1} W^{\gamma-1} \ldots\ldots$$

der grösste gemeinschaftliche Faktor von f und $\frac{\partial f}{\partial x_1}$; also eine zerlegbare Funktion mit rationalen Koeffizienten. Hieraus bestimmt sich in derselben Weise

$$f_2 = U^{\alpha-2} V^{\beta-2} W^{\gamma-2} \ldots\ldots;$$

fährt man so fort, so erhält man zuletzt U allein, hierauf successive V, W, ... Die Untersuchung reduziert sich daher auf die Betrachtung jeder der Formen U, V, W, ... für sich.

Ist die Gleichung $\varphi(x, -1) = 0$ reduktibel, ohne gleiche Wurzeln zu haben, so sei $\psi(x)$ ein irreduktibler Faktor p^{ten} Grades derselben und $\omega_1, \omega_2, \ldots\ldots \omega_p$ seine Wurzeln. Alsdann ist das Produkt der Faktoren

$$\overset{1}{u}\,\overset{2}{u}\,\overset{3}{u} \ldots\ldots \overset{p}{u}$$

eine symmetrische Funktion von $\omega_1, \omega_2, \ldots\ldots \omega_p$; also eine zerlegbare Form mit rationalen Koeffizienten. Die Form f reduziert sich daher auch in diesem Falle auf ein Produkt von zerlegbaren Formen, entsprechend den irreduktibeln Faktoren von $\varphi(x, -1) = 0$.

Endlich kann an Stelle der Gleichung $\varphi(x, -1) = 0$ eine solche gesetzt werden, in welcher der Koeffizient der höchsten Potenz die

Einheit ist, wenn an Stelle der Wurzel ω die Wurzel $a\,\omega$ eingeführt wird, und es können die Koeffizienten von $x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ in $\overset{1}{u}, \overset{2}{u}, \ldots\ldots \overset{n}{u}$ als ganze komplexe Zahlen angenommen werden, wenn nachher die Funktion durch eine entsprechende ganze Zahl, welche gemeinschaftlicher Teiler ihrer Koeffizienten sein wird, wieder dividiert wird.

§ 4.

Nach allem diesen rechtfertigt es sich, der Diskussion folgende Form der zerlegbaren Formen zu Grunde zu legen:

„Es sei

$$\omega^n + p_1\,\omega^{n-1} + \cdots\cdots + p_n = 0$$

eine Gleichung, in welcher der Koeffizient der höchsten Potenz = 1 und die übrigen Koeffizienten reelle ganze Zahlen sind, und welche sich nicht in Faktoren derselben Art zerlegen lasse (also irreduktibel sei);

$$\omega_1, \omega_2, \ldots\ldots \omega_n$$

seien ihre Wurzeln und

$$\overset{k}{u} = \overset{k}{u}_1\,x_1 + \overset{k}{u}_2\,x_2 + \cdots\cdots + \overset{k}{u}_n\,x_n$$

eine lineare homogene Funktion von n Unbestimmten

$$x_1, x_2, \ldots\ldots x_n,$$

deren Koeffizienten

$$\overset{k}{u}_1, \overset{k}{u}_2, \ldots\ldots \overset{k}{u}_n$$

ganze ganzzahlige Funktionen der Wurzeln ω_k seien, also von der Form

$$\overset{k}{u}_r = \overset{r}{a}_0 + \overset{r}{a}_1\,\omega_k + \overset{r}{a}_2\,\omega_k^2 + \cdots\cdots + \overset{r}{a}_{n-1}\,\omega_k^{n-1},$$

wo die Koeffizienten a reelle ganze Zahlen sind.

Alsdann ist das Produkt

$$\overset{1}{u}\,\overset{2}{u}\ldots\ldots\overset{n}{u}$$

eine homogene ganze ganzzahlige Funktion n^{ten} Grades von $x_1, x_2 \ldots\ldots x_n$. Die Koeffizienten können noch einen allen gemeinschaftlichen Zahlfaktor haben; der grösste sei m, so ist endlich

$$f(x_1, x_2, \ldots\ldots x_n) = \frac{1}{m}\,\overset{1}{u}\,\overset{2}{u}\ldots\ldots\overset{n}{u}$$

die den weitern Betrachtungen zu Grunde zu legende Form.“

Im folgenden soll nun für ω die reelle Kubikwurzel aus einer positiven ganzen Zahl D angenommen werden und ausserdem (was nur eine scheinbare Beschränkung ist) soll D durch keine dritte Potenz einer Primzahl teilbar sein, also keinen kubischen Faktor enthalten. Es ist also vor allem die Theorie der aus solchen Wurzeln gebildeten komplexen Zahlen zu entwickeln.

II.

§ 5. Einleitendes.

Es seien ω die reelle, ω', ω'' die konjugiert-imaginären Wurzeln der Gleichung

$$\omega^3 = D$$

und D eine ganze, positive, durch keine Kubikzahl teilbare Zahl. Der Ausdruck

$$\varphi(\omega) = a + b\,\omega + c\,\omega^2$$

heisst eine komplexe ganze Zahl in ω, wenn a, b, c ganze Zahlen sind. Im folgenden soll der Kürze wegen unter einer komplexen Zahl, wo nicht ausdrücklich das Gegenteil erwähnt wird, immer eine ganze komplexe Zahl verstanden sein. Das Produkt der drei konjugierten Faktoren

$$(a + b\,\omega + c\,\omega^2)\,(a + b\,\omega' + c\,\omega'^2)\,(a + b\,\omega'' + c\,\omega''^2)$$
$$= a^3 + D\,b^3 + D^2 c^3 - 3\,D\,a\,b\,c$$

heisst die Norm jedes derselben und soll mit $N(a + b\,\omega + c\,\omega^2)$ bezeichnet werden. Ist es der Einheit gleich, so heisst $\varphi(\omega)$ eine komplexe Einheit.

Es sind nun zunächst die Bedingungen aufzustellen, unter welchen eine solche Norm durch eine reelle Primzahl teilbar ist. Dies geschieht mit Hülfe von Kongruenzen in Bezug auf diese Primzahlen als Moduln und zwar ist zu diesem Zwecke zuerst die Kongruenz

$$z^3 \equiv D$$

zu behandeln. Hierbei verhalten sich aber die verschiedenen reellen Primzahlen wesentlich verschieden; ich werde sie in fünf Kategorien sondern, und zwar sollen p, q, r Primzahlen bedeuten,

welche nicht in D aufgehen, die Primzahlen s und t dagegen sollen in D enthalten sein und zwar die ersteren einfach, die letztern im Quadrat. Ferner sollen mit p diejenigen Primzahlen der Form $6n+1$ bezeichnet werden, für welche D kubischer Rest, mit q diejenigen, für welche D kubischer Nichtrest ist; die Primzahlen r endlich sind die von der Form $6n-1$. Was die Zahlen 2 und 3 anbetrifft, so sind dieselben besonders zu untersuchen.

Da im folgenden von imaginären Kongruenzwurzeln Gebrauch gemacht wird, so mag noch nachstehender Satz über dieselben besonders hervorgehoben werden:

„Sei
$$f(x) \equiv 0 \pmod{m}$$
eine irreduktible Kongruenz n^{ten} Grades nach dem Primzahlmodulus m, und i eine ihrer Wurzeln, so lässt sich jede ganze ganzzahlige Funktion $\varphi(i)$ von i auf die Form bringen:

$$a_0 + a_1 i + a_2 i^2 + \cdots\cdots + a_{n-1} i^{n-1}.$$

Ein Produkt aus solchen Funktionen $\varphi, \varphi', \varphi'', \ldots\ldots$ ist nicht anders durch m teilbar, als wenn eine dieser Funktionen, z. B. φ es ist, d. h. es müssen die Koeffizienten $a_0, a_1, a_2 \ldots\ldots a_{n-1}$ alle durch m teilbar sein."

Ist m eine Primzahl der Form $6n+1$, so hat die Kongruenz
$$x^3 \equiv 1 \pmod{m}$$
die drei reellen Wurzeln
$$1, \quad \frac{-1+\sqrt{-3}}{2}, \quad \frac{-1-\sqrt{-3}}{2}$$
wo $\sqrt{-3}$ irgend eine ungerade Zahl bedeutet, deren Quadrat $\equiv -3 \pmod{m}$. Ist also z irgend eine Wurzel der Kongruenz
$$z^3 \equiv D \pmod{m},$$
so sind die übrigen
$$\frac{-1 \pm \sqrt{-3}}{2}\, z$$
und es sind die drei Wurzeln reell oder imaginär, je nachdem m zu den Primzahlen p oder q gehört. Ebenso hat die Kongruenz
$$\xi_\mu^3 \equiv D \pmod{p^\mu})$$
drei reelle, nach dem Modul p inkongruente Wurzeln.

Die Kongruenz

$$r_{\mu}^3 \equiv D \pmod{r^{\mu}}$$

dagegen hat nur eine reelle Wurzel r_{μ}; die beiden andern sind

$$r_{\mu}\tau \text{ und } r_{\mu}\tau^2,$$

wenn $\tau = \frac{-1+\sqrt{-3}}{2}$ eine Wurzel der irreduktibeln Kongruenz

$$\tau^2 + \tau + 1 \equiv 0 \pmod{r}$$

bezeichnet.

§ 6. Teilbarkeit der Norm durch eine reelle Primzahl.

Mit Hülfe dieser Sätze entscheidet sich nun die Teilbarkeit von $N(a + b\omega + c\omega^2) = N\varphi(\omega)$ durch eine reelle Primzahl in folgender Weise:

Bezeichnet man mit z_{μ}, z'_{μ}, z''_{μ} die reellen oder imaginären Kongruenzwurzeln von

$$z^3 \equiv D \pmod{m^{\mu}},$$

wo m eine der Primzahlen p, q, r bedeutet, so ist

$$N(a+b\omega+c\omega^2) \equiv (a+bz_{\mu}+cz_{\mu}^2)(a+bz'_{\mu}+cz'^2_{\mu})(a+bz''_{\mu}+cz''^2_{\mu}) \pmod{m^{\mu}};$$

denn wie bei der Reduktion ganzer Funktionen von ω, ω', ω'' die Gleichungen in Anwendung kommen:

$$\omega + \omega' + \omega'' = 0, \quad \omega'\omega'' + \omega''\omega + \omega\omega' = 0, \quad \omega\omega'\omega'' = D,$$

so kommen bei der Reduktion von ganzen Funktionen der Kongruenzwurzeln z_{μ}, z'_{μ}, z''_{μ} in Anwendung die Kongruenzen

$$z_{\mu} + z'_{\mu} + z''_{\mu} \equiv 0, \quad z'_{\mu}z''_{\mu} + z''_{\mu}z_{\mu} + z_{\mu}z'_{\mu} \equiv 0, \quad z_{\mu}z'_{\mu}z''_{\mu} \equiv D \pmod{m^{\mu}}.$$

Hieraus aber ergiebt sich sofort, wenn mit ξ, η wie oben die resp. den p, r entsprechenden Kongruenzwurzeln bezeichnet werden:

1. Damit $$N\varphi(\omega)$$

durch p^{μ} teilbar sei, nicht aber durch $p^{\mu+1}$, muss das Produkt

$$\varphi(\xi_{\mu}) \cdot \varphi(\xi'_{\mu}) \cdot \varphi(\xi''_{\mu})$$

durch p^{μ}, das Produkt aber

$$\varphi(\xi_{\mu+1}) \cdot \varphi(\xi'_{\mu+1}) \cdot \varphi(\xi''_{\mu+1})$$

nicht durch $p^{\mu+1}$ teilbar sein.

2. Damit
$$N\varphi(\omega) = N(a + b\omega + c\omega^2)$$
durch q teilbar sei, muss jeder der Koeffizienten a, b, c durch q teilbar sein, weil $z^3 \equiv D \pmod{q}$ eine irreduktible Gleichung ist. Die Norm ist dann aber durch q^3 teilbar. Und allgemein: damit $N(a + b\omega + c\omega^2)$ durch $q^{3\mu}$, aber durch keine höhere Potenz von q teilbar sei, müssen a, b, c durch q^μ, aber nicht alle durch $q^{\mu+1}$ teilbar sein.

3. Damit
$$N\varphi(\omega)$$
durch r^μ teilbar sei, nicht aber durch $r^{\mu+1}$, muss das Produkt
$$\varphi(\eta_\mu) \cdot \varphi(\tau\eta_\mu) \cdot \varphi(\tau^2\eta_\mu)$$
durch r^μ, dagegen das Produkt
$$\varphi(\eta_{\mu+1}) \cdot \varphi(\tau\eta_{\mu+1}) \cdot \varphi(\tau^2\eta_{\mu+1})$$
nicht durch $r^{\mu+1}$ teilbar sein. Die Bedingung, dass
$$\varphi(\tau\eta_\mu) = a + b\tau\eta_\mu + c\tau^2\eta_\mu^2 \equiv a + b\tau\eta_\mu + c(1+\tau)\eta_\mu^2$$
durch r^μ teilbar sei, zerfällt aber in die beiden folgenden:
$$a - c\eta_\mu^2 \equiv 0, \quad b - c\eta_\mu \equiv 0 \pmod{r^\mu},$$
und es ist dann zugleich auch
$$\varphi(\tau^2\eta_\mu) = a + b\tau^2\eta_\mu + c\tau\eta_\mu \equiv 0 \pmod{r^\mu}.$$

4. Für die Zahlen s und t ergeben sich die Bedingungen leicht durch direkte Betrachtung der Norm
$$N\varphi(\omega) + a^3 + Db^3 + D^2c^3 - 3Dabc;$$
nämlich es ist $N\varphi(\omega) + N(a + b\omega + c\omega^2)$

durch s teilbar, wenn a durch s teilbar ist,
durch s^2 teilbar, wenn a, b durch s teilbar sind,
durch s^3 teilbar, wenn a, b, c durch s teilbar sind,

und allgemein

durch $s^{3\mu+\nu}$ teilbar, wenn a, b, c durch s^μ und
$N\left(\frac{a}{s^\mu} + \frac{b}{s^\mu}\omega + \frac{c}{s^\mu}\omega^2\right)$ durch s^ν teilbar ist.

5. Was die Primzahlen t anbetrifft, so kann $N(a + b\omega + c\omega^2)$ niemals bloss durch t teilbar sein; ferner ist $N(a + b\omega + c\omega^2)$

durch t^2 teilbar, wenn a durch t teilbar ist,
durch t^3 teilbar, wenn a, b durch t teilbar sind,

durch t^4 teilbar, wenn a durch t^2, b durch t teilbar ist,
durch t^5 teilbar, wenn a durch t^2, b, c durch t teilbar sind, etc.;

allgemein: damit $N(a + b\omega + c\omega^2)$ durch $t^{3\mu+\nu}$ teilbar sei für $\mu > 0$, müssen a, b, c durch $t^{\mu-1}$ und $N\left(\frac{a + b\omega + c\omega^2}{t^{\mu-1}}\right)$ durch $t^{3+\nu}$ teilbar sein.

6. Die Zahl 2 schliesst sich in ihrem Verhalten für ein gerades D den Zahlen s und t an, für ein ungerades den Zahlen r; denn in letzterem Fall hat die Kongruenz

$$z^3 \equiv D \pmod 2$$

die reelle Wurzel 1, die übrigen sind Wurzeln der irreduktibeln Kongruenz

$$\tau^2 + \tau + 1 \equiv 0 \pmod 2.$$

Die Zahl 3 endlich verhält sich wie die Zahlen s oder t, jenachdem D durch 3 oder durch 3^2 teilbar ist.

Ist D weder $\equiv 0$, mod 3, noch $D^2 \equiv 1$, mod 9, so findet man leicht die Bedingungen:

Es ist $N(a + b\omega + c\omega^2)$

$\equiv 0 \pmod 3$, wenn $a + Db + c \equiv 0 \pmod 3$,

$\equiv 0 \pmod{3^2}$, wenn $a \equiv Db \equiv c \pmod 3$,

$\equiv 0 \pmod{3^3}$, wenn $a \equiv b \equiv c \equiv 0 \pmod 3$.

Ist $D^2 \equiv 1 \pmod 9$, so lassen sich keine so einfachen Bedingungen mehr aufstellen; indess ist für das Folgende die Betrachtung dieses Falles überflüssig.

§ 7. Definition der idealen Primfaktoren.

Auf obiges gestützt ergiebt sich nun folgende Definition der idealen Primfaktoren der komplexen Zahl $\varphi(\omega) = a + b\omega + c\omega^2$.

1. Die Primzahlen p sind als aus drei komplexen Primfaktoren bestehend zu betrachten; sie ordnen sich den Kongruenzwurzeln ξ, ξ', ξ'' zu, indem man sagt:

$\varphi(\omega)$ enthält den zur Kongruenzwurzel ξ gehörenden Primfaktor von p und zwar genau μ mal,

wenn $\varphi(\xi_\mu)$ durch p^μ, aber $\varphi(\xi_{\mu+1})$ nicht durch $p^{\mu+1}$ teilbar ist und ganz ebenso sind

$$\varphi(\xi'_\mu) \equiv 0 \pmod{p^\mu}, \quad \varphi(\xi''_\mu) \equiv 0 \pmod{p^\mu}$$

die Bedingungen, dass $\varphi(\omega)$ die resp. zu ξ' und ξ'' gehörenden Primfaktoren von p je μ mal enthalte.

Was nun die konjugierten Faktoren $a + b\omega' + c\omega'^2$ und $a + b\omega'' + c\omega''^2$ anbetrifft, so ist hierüber Folgendes zu bemerken: Sind π, π', π'' die drei Primfaktoren von p, und enthält

$\varphi(\omega)$ den Faktor $\pi^\alpha \pi'^\beta \pi''^\gamma$, so nehme ich an, es enthalte
$\varphi(\omega')$ den Faktor $\pi'^\alpha \pi''^\beta \pi^\gamma$ und
$\varphi(\omega'')$ den Faktor $\pi''^\alpha \pi^\beta \pi'^\gamma$.

Diese Zuordnung ist aber eine willkürliche, indem man ebenso gut sagen könnte, es enthalte

$\varphi(\omega')$ den Faktor $\pi''^\alpha \pi^\beta \pi'^\gamma$,
$\varphi(\omega'')$ den Faktor $\pi'^\alpha \pi''^\beta \pi^\gamma$.

Für gegenwärtige Zwecke ist es aber gleichgültig, welche der beiden Anordnungen gewählt werde, da $\varphi(\omega')$ und $\varphi(\omega'')$ immer symmetrisch auftreten werden.

2. Da $N\varphi(\omega)$ nicht anders durch die Primzahl q teilbar sein kann, als wenn $\varphi(\omega)$ es ist, so ist q auch in der komplexen Theorie eine Primzahl.

3. Die Primzahl r besteht wieder aus drei Primfaktoren $\varrho, \varrho', \varrho''$, und zwar enthält $\varphi(\omega)$ den zur reellen Kongruenzwurzel η gehörenden Primfaktor von r genau μ mal, wenn

$$\varphi(\eta_\mu) \equiv 0 \pmod{r^\mu} \text{ ist, aber } \varphi(\eta_{\mu+1}) \text{ nicht } \equiv 0 \pmod{r^{\mu+1}}.$$

Ferner enthält $\varphi(\omega)$ jeden der zu den imaginären Kongruenzwurzeln gehörenden Primfaktoren ϱ', ϱ'' genau μ mal, wenn zugleich

$$a - c\eta_\mu^2 \equiv 0, \quad b - c\eta_\mu \equiv 0 \pmod{p^\mu},$$

aber nicht zugleich

$$a - c\eta_{\mu+1}^2 \equiv 0, \quad b - c\eta_{\mu+1} \equiv 0 \pmod{p^{\mu+1}}$$

ist, oder kürzer, wenn

$$\varphi(\tau\eta_\mu) \equiv 0 \pmod{p^\mu}, \text{ aber } \varphi(\tau\eta_{\mu+1}) \text{ nicht } \equiv 0 \pmod{p^{\mu+1}}.$$

Ferner soll hier wiederum angenommen werden, wenn

$\varphi(\omega)$ den Faktor $\varrho^\alpha(\varrho'\varrho'')^\beta$ enthält, so enthalte
$\varphi(\omega')$ den Faktor $\varrho'^\alpha(\varrho''\varrho)^\beta$ und
$\varphi(\omega'')$ den Faktor $\varrho''^\alpha(\varrho\varrho')^\beta$.

4. Von idealen Primfaktoren der Zahlen s und t, sowie der Zahl 3 sehe ich ab, da die Einführung solcher für das folgende keinen Vorteil gewährt. Wenn daher im folgenden von idealen Zahlen die Rede ist, so sind damit immer solche gemeint, deren Normen zu $3\,D$ prim sind.

§ 8. Eigenschaften der idealen Primfaktoren.

Es ist nun zu beweisen, dass die so definierten idealen Primfaktoren wirklich den Charakter von Primfaktoren besitzen. Dies geschieht durch folgende Sätze:

1. Wenn keine der Zahlen $\varphi(\omega)$, $\psi(\omega)$ den komplexen Primfaktor ω enthält, so enthält ihn auch das entwickelte Produkt nicht.

a) Enthalten die beiden Zahlen den zu ξ gehörenden Primfaktor von p nicht, so ist von den reellen Zahlen $\varphi(\xi)$ und $\psi(\xi)$ der Voraussetzung nach keine durch p teilbar, also auch ihr Produkt nicht, noch der ihm kongruente Ausdruck, welchen man erhält, wenn man an Stelle von ξ^3 D setzt. Dieser Ausdruck aber entsteht auch, wenn man im entwickelten Produkt $\varphi(\omega)\,.\,\psi(\omega)$ die Gleichungswurzel ω durch die Kongruenzwurzel ξ ersetzt; folglich enthält dieses Produkt den zu ξ gehörenden Primfaktor von p nicht.

b) Soll

$$N(\varphi(\omega)\,.\,\psi(\omega)) = N\varphi(\omega)\,.\,N\psi(\omega)$$

durch q teilbar sein, so muss einer der Faktoren es sein; dies kann aber nur geschehen, wenn entweder $\varphi(\omega)$ oder $\psi(\omega)$ durch q teilbar ist; folglich etc.

c) Enthält keine der Zahlen $\varphi(\omega)$, $\psi(\omega)$ den zu η gehörenden Primfaktor von r, so ist weder $\varphi(\eta)$, noch $\psi(\eta)$ durch r teilbar und der Satz ergiebt sich wie für die Zahlen p.

Enthalten die Zahlen $\varphi(\omega)$, $\psi(\omega)$ die zu den imaginären Kongruenzwurzeln gehörenden Primfaktoren von r nicht, so ist weder $\varphi(\tau\eta) = a - c\eta^2 + \tau(b\eta - c\eta^2)$, noch $\psi(\tau\eta) = a' - c'\eta^2 + \tau(b'\eta - c'\eta^2)$ durch r teilbar, also auch das Produkt nicht, da sonst wegen der Irreduktibilität der Kongruenz

$$\tau^2 + \tau + 1 \equiv 0 \pmod{r}$$

einer der Faktoren es sein müsste.

2. Wenn $\varphi(\omega)$ einen Primfaktor ω genau μ mal, $\psi(\omega)$ genau ν mal enthält, so enthält ihn das entwickelte Produkt $f(\omega)$ genau $\mu+\nu$ mal.

a) Der Voraussetzung nach ist

$$\varphi(\xi_\mu) \equiv 0 \pmod{p^\mu}, \quad \varphi(\xi_{\mu+1}) \text{ nicht} \equiv 0 \pmod{p^{\mu+1}}$$

also auch $\varphi(\xi_{\mu+\nu}) \equiv 0 \pmod{p^\mu}$, $\varphi(\xi_{\mu+\nu+1})$ nicht $\equiv 0 \pmod{p^{\mu+1}}$,

ebenso $\psi(\xi_{\mu+\nu}) \equiv 0 \pmod{p^\nu}$, $\psi(\xi_{\mu+\nu+1})$ nicht $\equiv 0 \pmod{p^{\nu+1}}$;

also ist

$$f(\xi_{\mu+\nu}) \equiv \varphi(\xi_{\mu+\nu}) \cdot \psi(\xi_{\mu+\nu}) \equiv 0 \pmod{p^{\mu+\nu}};$$

$$f(\xi_{\mu+\nu+1}) \equiv \varphi(\xi_{\mu+\nu+1}) \cdot \psi(\xi_{\mu+\nu+1}) \text{ nicht} \equiv 0 \pmod{p^{\mu+\nu+1}}.$$

b) Ist $\varphi(\omega)$ durch q^μ, $\psi(\omega)$ durch q^ν teilbar, so ist $f(\omega) = \varphi(\omega) \cdot \psi(\omega)$ durch $q^{\mu+\nu}$ teilbar, aber nicht durch $q^{\mu+\nu+1}$, da weder

$$\frac{\varphi(\omega)}{q^\mu} = \left(\frac{a}{q^\mu} + \frac{b}{q^\mu}\omega + \frac{c}{q^\mu}\omega^2\right), \text{ noch } \frac{\psi(\omega)}{q^\nu} = \left(\frac{a'}{q^\nu} + \frac{b'}{q^\nu}\omega + \frac{c'}{q^\nu}\omega^2\right)$$

durch q teilbar sind.

c) Für den zur reellen Kongruenzwurzel gehörenden Primfaktor von r folgt der Beweis wie oben für die Primzahl p, wenn ξ durch η, für die beiden andern, wenn ξ durch $\eta\tau$ ersetzt wird.

3. Wenn

$$\varphi(\omega) = a + b\omega + c\omega^2$$

alle Primfaktoren von p oder r enthält, jeden mindestens μ mal, so ist es resp. durch p^μ oder r^μ teilbar.

Denn der Voraussetzung nach gelten für p und r resp. die Kongruenzen

$$\begin{aligned} a + b\xi_\mu + c\xi_\mu^2 &\equiv 0 \pmod{p^\mu}; & a + b\eta_\mu + c\eta_\mu^2 &\equiv 0 \pmod{r^\mu}, \\ a + b\xi'_\mu + c\xi'^2_\mu &\equiv 0, & a + b\tau\eta_\mu + c\tau^2\eta_\mu^2 &\equiv 0, \\ a + b\xi''_\mu + c\xi''^2_\mu &\equiv 0, & a + b\tau^2\eta_\mu + c\tau\eta_\mu^2 &\equiv 0; \end{aligned}$$

die Determinanten dieser linearen Systeme aber sind resp. nicht durch p oder r teilbar, da ihre Quadrate $\equiv -27D^2$ sind, resp. nach den Moduln p oder r. Es müssen somit a, b, c resp. durch p^μ, r^μ teilbar sein.

4. Wenn $$\varphi(\omega)$$
die Primfaktoren von p resp. μ, μ', μ'' mal enthält, so ist $N\varphi(\omega)$ durch
$$p^{\mu+\mu'+\mu''} = p^{\lambda}$$
teilbar; denn der Voraussetzung nach ist
$$\begin{aligned} \varphi(\xi_\mu) &\equiv \varphi(\xi_\lambda) \equiv 0 \pmod{p^{\mu}}, \\ \varphi(\xi'_{\mu'}) &\equiv \varphi(\xi'_\lambda) \equiv 0 \pmod{p^{\mu'}}, \\ \varphi(\xi''_{\mu''}) &\equiv \varphi(\xi''_\lambda) \equiv 0 \pmod{p^{\mu''}}; \end{aligned}$$
somit
$$\varphi(\xi_\lambda) \cdot \varphi(\xi'_\lambda) \cdot \varphi(\xi''_\lambda) \equiv N\varphi(\omega) \equiv 0 \pmod{p^{\lambda}}.$$

Ebenso, wenn $\varphi(\omega)$ den zur reellen Kongruenzwurzel gehörenden Primfaktor von r μ mal, die beiden andern μ' mal enthält, ist
$$N\varphi(\omega) \equiv 0 \pmod{r^{\mu+2\mu'}}.$$

Da nun die Norm jeder komplexen ganzen Zahl eine reelle ganze Zahl von endlicher Grösse ist und die oben aufgestellten Kongruenzen das Vorkommen jedes Primfaktors von p, q, r in unzweideutiger Weise bestimmen, so folgt der Satz:

5. Jede gegebene komplexe ganze Zahl enthält nur eine endliche Anzahl unveränderlich bestimmter Primfaktoren.

6. Ist $\varphi(\omega)$ eine wirkliche komplexe Zahl, deren Norm zu $3D$ prim ist und enthält die wirkliche komplexe Zahl $\psi(\omega)$ alle Primfaktoren von $\varphi(\omega)$ und jeden mindestens ebenso oft, so ist $\psi(\omega)$ durch $\varphi(\omega)$ teilbar, d. h. der Quotient $\frac{\psi(\omega)}{\varphi(\omega)}$ ist eine wirkliche komplexe Zahl.

Denn $$\psi(\omega)\,\varphi(\omega')\,\varphi(\omega'')$$
enthält alle Primfaktoren von p, r, welche in
$$N\varphi(\omega) = \varphi(\omega)\,\varphi(\omega')\,\varphi(\omega'')$$
enthalten sind, mindestens ebenso oft, ist daher nach 3. einzeln durch die in $N\varphi(\omega)$ enthaltenen Primzahlpotenzen teilbar, also der Quotient
$$\frac{\psi(\omega)\,\varphi(\omega')\,\varphi(\omega'')}{N\varphi(\omega)} = \frac{\psi(\omega)}{\varphi(\omega)}$$
eine ganze Zahl.

Wenn im weitern von der Teilbarkeit einer wirklichen oder idealen komplexen Zahl durch eine andere gesprochen wird, so soll darunter verstanden sein, es enthalte der Dividend alle idealen Primfaktoren des Divisors (welcher zu $3\,D$ prim anzunehmen ist) und jeden mindestens ebenso oft wie dieser.

7. Sind $\varphi(\omega)$ und $\psi(\omega)$ beide prim zu $3\,D$ (d. h. ihre Normen) und enthalten sie jeden idealen Primfaktor von p, q, r gleich oft, so ist, der Quotient

$$\frac{\psi(\omega)}{\varphi(\omega)}$$

eine komplexe Einheit.

§ 9. Multiplikatoren; Endlichkeit der Klassenanzahl.

Es soll nun zunächst nachgewiesen werden, dass man immer eine komplexe Zahl $a + b\omega + c\omega^2$ finden kann, welche alle idealen Primfaktoren einer idealen Zahl $J(\omega)$ mindestens ebenso oft enthält, wie diese letztere und für welche der Quotient

$$\frac{N(a + b\omega + c\omega^2)}{N J(\omega)}$$

unter einer bestimmten endlichen Grenze liegt.

Es enthalte $J(\omega)$ den zu ξ gehörenden Primfaktor von p μ mal, den zu ξ' gehörenden μ' mal und den zu ξ'' gehörenden μ'' mal; ebenso die Primfaktoren von p, resp. μ_1, μ'_1, μ''_1 mal u. s. w.; die Primzahl q λ mal, q_1 λ_1 mal etc.; die zu η, $\eta\tau$ gehörenden Primfaktoren von r resp. ν, ν' mal etc.; dann müssen die Koeffizienten a, b, c folgenden Systemen von Kongruenzen genügen:

$$a + b\xi_\mu + c\xi_\mu^2 \equiv 0 \pmod{p^\mu}; \quad a + b\overset{(1)}{\xi}_{\mu_1} + c\overset{(1)}{\xi}{}^2_{\mu_1} \equiv (0 \bmod p_1^{\mu_1});$$

$$a + b\xi'_{\mu'} + c\xi'^2_{\mu'} \equiv 0 \pmod{p^{\mu'}}; \quad a + b\overset{(1)}{\xi}{}'_{\mu'_1} + c\overset{(1)}{\xi}{}'^2_{\mu'_1} \equiv 0 \pmod{p_1^{\mu'_1}};$$

$$a + b\xi''_{\mu''} + c\xi''^2_{\mu''} \equiv 0 \pmod{p^{\mu''}}; \quad a + b\overset{(1)}{\xi}{}''_{\mu''_1} + c\overset{(1)}{\xi}{}''^2_{\mu''_1} \equiv 0 \pmod{p_1^{\mu''_1}})$$

etc.

$$a \equiv 0 \pmod{q^\lambda}, \quad a \equiv 0 \pmod{q_1^{\lambda_1}},$$
$$b \equiv 0 \qquad\qquad b \equiv 0$$
$$c \equiv 0 \qquad\qquad c \equiv 0$$

etc.

$$a + b\eta_\nu + c\eta_\nu^2 \equiv 0 \pmod{r^\nu}; \quad a + b\overset{(1)}{\eta}_{\nu_1} + c\overset{(1)}{\eta}{}^2_{\nu_1} \equiv 0 \pmod{r_1^\nu};$$

$$\left.\begin{matrix} a - c\eta_{\nu'}^2 \equiv 0 \\ b - c\eta_{\nu'} \equiv 0 \end{matrix}\right\} \pmod{r^{\nu'}}; \qquad \left.\begin{matrix} a - c\overset{(1)}{\eta}{}^2_{\nu_1'} \equiv 0 \\ b - c\overset{(1)}{\eta}_{\nu_1'} \equiv 0 \end{matrix}\right\} \pmod{r_1^{\nu_1'}};$$

etc.

Diese Kongruenzen lassen sich zusammenziehen. Man bestimme

$$\xi \equiv \xi_\mu \pmod{p^\mu}; \quad \xi' \equiv \xi'_{\mu'} \pmod{p^{\mu'}}; \quad \xi'' \equiv \xi''_{\mu''} \pmod{p^{\mu''}};$$
$$\equiv \overset{(1)}{\xi}_{\mu_1} \pmod{p^{\mu_1}}; \quad \equiv \overset{(1)}{\xi}{}'_{\mu_1'} \pmod{p^{\mu_1'}}; \quad \equiv \overset{(1)}{\xi}{}''_{\mu_1''} \pmod{p_1^{\mu_1''}};$$

etc. etc. etc.

$$\eta \equiv \eta_\nu \pmod{r^\nu}; \qquad \eta' \equiv \eta'_{\nu'} \pmod{r^{\nu'}};$$
$$\equiv \eta_{\nu_1} \pmod{r_1^{\nu_1}}; \qquad \equiv \overset{(1)}{\eta}{}'_{\nu_1'} \pmod{r_1^{\nu_1'}};$$

etc. etc.,

so hat man die Kongruenzen

$$a + b\xi + c\xi^2 \equiv 0 \pmod{p^\mu p_1^{\mu_1} \ldots}; \quad a \equiv 0,$$
$$a + b\xi' + c\xi'^2 \equiv 0 \pmod{p^{\mu'} p_1^{\mu_1'} \ldots}; \quad b \equiv 0 \pmod{q^\lambda q_1^{\lambda_1} \ldots}$$
$$a + b\xi'' + c\xi''^2 \equiv 0 \pmod{p^{\mu''} p_1^{\mu_1''} \ldots}; \quad c \equiv 0,$$
$$a + b\eta + c\eta^2 \equiv 0 \pmod{r^\nu r_1^{\nu_1} \ldots}$$
$$\left.\begin{matrix} a - c\eta'^2 \equiv 0 \\ b - c\eta' \equiv 0 \end{matrix}\right\} \pmod{r^{\nu'} r_1^{\nu_1'} \ldots}$$

Die Norm der Zahl $J(\omega)$ ist

$$NJ(\omega) = p^{\mu+\mu'+\mu''} p_1^{\mu_1+\mu_1'+\mu_1''} \,.\,.\, q^{3\lambda} q_1^{3\lambda_1} \,.\,.\, r^{\nu+2\nu'} r_1^{\nu_1+2\nu_1'} \ldots .$$

und genau ebenso gross ist die Anzahl der verschiedenen Restenkombinationen für sämtliche Moduln. Bestimmt man nun die ganze Zahl k so, dass

$$k^3 < NJ(\omega) < (k+1)^3,$$

und giebt den Koeffizienten a, b, c unabhängig von einander die $k+1$ Werte

$$0, 1, 2, \ldots . k,$$

so erhält man $(k+1)^3$ Kombinationen, unter welchen daher vermöge der obigen Ungleichheiten notwendig gleiche vorkommen müssen. Die Differenzen

$$a = a_1 - a_2, \quad b = b_1 - b_2, \quad c = c_1 - c_2$$

der Zahlen a_1, b_1, c_1 und a_2, b_2, c_2, welche solche identische Kombinationen liefern, geben offenbar eine Lösung jener Kongruenzen. Die gefundenen Werte a, b, c aber liegen innerhalb der Grenzen $-k$ und $+k$ und es ist daher der absolute Wert von $N(a+b\omega+c\omega^2)$

$$< k^3 [1 + D + D^2 + 3D]$$

und somit

$$\frac{N(a+b\omega+c\omega^2)}{NJ(\omega)} < 1 + 4D + D^2.$$

Nennt man nun jede ideale Zahl, deren Produkt mit der idealen Zahl $J(\omega)$ eine wirkliche komplexe Zahl ist, einen Multiplikator von $J(\omega)$, so ist

$$M(\omega) = \frac{a+b\omega+c\omega^2}{J(\omega)}$$

ein solcher Multiplikator, dessen Norm

$$NM(\omega) < 1 + 4D + D^2.$$

Da nun die Anzahl idealer Zahlen, deren Norm unter eine bestimmte Grenze fällt, endlich ist, so folgt:

„Es giebt stets eine endliche bestimmte Anzahl von Multiplikatoren“.

Ideale Zahlen, welche, mit demselben Multiplikator zusammengesetzt, wirkliche komplexe Zahlen geben, heissen äquivalent und gehören in dieselbe Klasse; die Anzahl der Klassen ist daher gleich

der Anzahl der Multiplikatoren und obiger Satz gleichbedeutend mit dem folgenden:

„Die Klassenanzahl der idealen komplexen Zahlen ist endlich".

In Bezug auf die weiter hieraus fliessenden Sätze mag auf die Abhandlungen von Herrn Prof. Kummer verwiesen werden.

Ich bemerke nur noch, dass man von den Multiplikatoren immer voraussetzen darf, dass ihre Normen zu $3D$ prim seien und dass sie keine wirkliche komplexe Zahl als Faktor enthalten. Denn die Zahlen a, b, c, sind nur nach dem Modul $NJ(\omega)$ bestimmt, welcher der Voraussetzung nach zu $3D$ prim ist, und man kann sie daher immer durch andere ihnen mod $NJ(\omega)$ resp. kongruente ersetzen, welche die Eigenschaft haben, dass sie keiner der Bedingungen Genüge leisten, welche erforderlich sind, wenn $N(a+b\omega+c\omega^2)$ eine in $3D$ aufgehende Primzahl enthalten soll.

§ 10. Komplexe Einheiten.

Nach dem Satze von Dirichlet (Monatsberichte der Berliner Akademie, März 1846) giebt es für die im Vorliegenden betrachteten komplexen Zahlen eine Einheit $E(\omega)$, von welcher alle übrigen Potenzen mit ganzen positiven oder negativen Exponenten sind.

Für das Folgende ist es aber notwendig, noch eine besondere Art gebrochener Einheiten in Betracht zu ziehen. Es bezeichne Θ^2 den grössten in D enthaltenen quadratischen Faktor, also Θ das Produkt sämtlicher Primzahlen t; ferner sei θ irgend ein Divisor von Θ, $g(\omega)=a+b\omega+c\omega^2$ eine komplexe Zahl, deren Norm $=\theta^3$ ist. Alsdann müssen, wie früher bewiesen, a, b durch θ teilbar, $\frac{a}{\theta}$ aber prim zu Θ sein. Enthielte nämlich $\frac{a}{\theta}$ noch die Primzahl t, so müsste $Ng(\omega)$ durch t^4 oder durch t^2 teilbar sein, je nachdem t in θ aufgeht oder nicht. c soll zu θ prim angenommen werden, denn sonst liesse sich der Bruch

$$\frac{g(\omega)}{\theta},$$

um den es sich hier handelt, reduzieren. Brüche dieser Form will ich der Kürze wegen hier als gebrochene Einheiten bezeichnen, da

$$N\left(\frac{g(\omega)}{\theta}\right)=1$$

ist, während unter „Einheit" schlechtweg immer eine ganze komplexe Zahl zu verstehen ist, deren Norm $= 1$.

Von diesen gebrochenen Einheiten gelten nun folgende Sätze:

1. Damit die n^{te} Potenz von $\frac{g(\omega)}{\theta}$ eine ganze Zahl sei, ist notwendig und hinreichend, dass n ein Vielfaches von θ sei.

Sei

$$g(\omega) = \theta(a' + b'\omega) + c\omega^2,$$

so ist

$$g(\omega)^n = \sum_{k=0}^{n} \frac{n(n-1)\dots(n-k+1)}{1.\ 2\dots k} (a' + b'\omega)^{n-k}\, \theta^{n-k}\, c^k\, \omega^{2k}.$$

Da nun $\omega^3 = D$ durch θ^2 teilbar ist, so werden alle Glieder, für welche das Doppelte der grössten in $\frac{2k}{3}$ enthaltenen ganzen Zahl $\geqq k$ durch θ^n teilbar sein. Dies ist aber der Fall für alle ganzen Werte von k mit Ausnahme von $k = 1$, also ist

$$\begin{aligned} g(\omega)^n &\equiv n(a' + b'\omega)^{n-1} . c\omega^2 . \theta^{n-1} \pmod{\theta^n}, \\ &\equiv n\, a'^{n-1} c\omega^2 \theta^{n-1}. \end{aligned}$$

Nun sind der Voraussetzung nach a' und c beide prim zu θ; folglich kann $g(\omega)^n$ nicht anders durch θ^n teilbar sein, als wenn n es ist. w. z. b w.

Es mag noch ausdrücklich hervorgehoben werden, dass nach gehöriger Reduktion im Nenner des Produkts zweier Brucheinheiten $\frac{g(\omega)}{\theta}$ und $\frac{g'(\omega)}{\theta'}$ nur erste Potenzen der Primzahlen t vorkommen können; denn käme etwa t^2 vor, so wäre die Norm des Zählers durch t^6 teilbar und daher (nach § 6) die Koeffizienten desselben durch t, gegen die Voraussetzung.

2. Wesentlich verschieden sollen alle diejenigen Lösungen

$$g(\omega) = x + \omega y + \omega^2 z$$

der Gleichung

$$N g(\omega) = \theta^3$$

heissen, welche sich nicht durch Multiplikation mit Einheiten auseinander ableiten lassen. Die Anzahl dieser wesentlich verschiedenen Lösungen ist beschränkt. Hievon kann man sich leicht in folgender

Weise überzeugen (vgl. Dirichlet, Monatsberichte der Berliner Akademie, Okt. 1841).

Angenommen, es sei $E > 1$ (wäre dies nicht der Fall, so gälte dies doch von E^{-1}); dann lässt sich durch Multiplikation mit einer passenden Potenz von E immer bewirken, dass

$$1 < x + \omega y + \omega^2 z < E,$$

somit
$$\frac{\theta^3}{E} < (x + \omega' y + \omega'^2 z)(x + \omega'' y + \omega''^2 z) < \theta^3,$$

oder
$$\frac{\theta^3}{E} < x^2 + \omega^2 y^2 + \omega^4 z^2 - \omega^3 yz - \omega^2 xz - \omega xy < \theta^3,$$

oder auch
$$\frac{4\theta^3}{E} < (2x - \omega y - \omega^2 z)^2 + 3\omega^2 (y - \omega z)^2 < 4\theta^3.$$

Denkt man sich nun x, y, z als Koordinaten in einem rechtwinkligen Achsensystem, so bilden die Punkte, für welche x, y, z ganze Werte haben, ein parallelopipedisch (kubisch) angeordnetes System und die obigen Bedingungen sagen aus, dass nur solche Punkte in Betracht kommen, welche innerhalb des Raumes liegen, welcher von den parallelen Ebenen

$$1 = x + \omega y + \omega^2 z, \quad E = x + \omega y + \omega^2 z$$

und den Mantelflächen der beiden elliptischen Cylinder begrenzt ist

$$\frac{4\theta^3}{E} = (2x - \omega y - \omega^2 z)^2 + 3\omega^2 (y - \omega z)^2,$$
$$4\theta^3 = (2x - \omega y - \omega^2 z)^2 + 3\omega^2 (y - \omega z)^2.$$

Die Achsen dieser Cylinder sind parallel der Geraden

$$\begin{matrix} 2x - \omega y - \omega^2 z = 0 \\ y - \omega z = 0 \end{matrix} \quad \text{oder} \quad \begin{matrix} x = \omega^2 z \\ y = \omega z \end{matrix}$$

und diese Gerade liegt nicht in der jenen Ebenen parallelen Ebene

$$x + \omega y + \omega^2 z = 0,$$

somit ist jener Raum ein begrenzter und die Anzahl der Punkte innerhalb desselben eine endliche.

3. Alle gebrochnen Einheiten $\frac{g(\omega)}{\theta}$ mit demselben Nenner lassen sich als Potenzen mit ganzen Exponenten von einer derselben darstellen. Seien

$$\frac{g(\omega)}{\theta} \quad \text{und} \quad \frac{g'(\omega)}{\theta}$$

zwei solche Einheiten, so sind, wie bewiesen,

$$\left(\frac{g(\omega)}{\theta}\right)^\theta \text{ und } \left(\frac{g'(\omega)}{\theta}\right)^\theta$$

ganze Einheiten, also resp. gleich E^λ und E^μ; somit, da es sich hier um reelle Zahlen handelt,

$$\frac{g'(\omega)}{\theta} = \left(\frac{g(\omega)}{\theta}\right)^{\frac{\mu'}{\lambda'}},$$

wo $\frac{\mu'}{\lambda'} = \frac{\mu}{\lambda}$ und μ' prim zu λ'. Nun bestimme man die ganzen Zahlen α, β so, dass $\alpha\lambda' + \beta\mu' = 1$ sei, und setze

$$\frac{G(\omega)}{\theta} = \left(\frac{g(\omega)}{\theta}\right)^\alpha \left(\frac{g'(\omega)}{\theta}\right)^\beta,$$

so ist

$$\frac{g(\omega)}{\theta} = \left(\frac{G(\omega)}{\theta}\right)^{\lambda'} \text{ und } \frac{g'(\omega)}{\theta} = \left(\frac{G(\omega)}{\theta}\right)^{\mu'}.$$

Sollte ein dritter Bruch $\frac{g''(\omega)}{\theta}$ noch keine ganze Potenz von $\frac{G(\omega)}{\theta}$ sein, so leite man aus beiden auf dieselbe Weise einen neuen ab, von welchem $\frac{g''(\omega)}{\theta}$ sowol als $\frac{G(\omega)}{\theta}$ ganze Potenzen sind, u. s. w.; da die Anzahl der wesentlich verschiedenen Brüche $\frac{g(\omega)}{\theta}$ endlich ist, so wird man auch nach einer endlichen Anzahl von Operationen zum Ziele gelangen.

4. Hat man nun zwei Brüche $\frac{G(\omega)}{\theta}$ und $\frac{G'(\omega)}{\theta'}$ mit verschiedenen Nennern θ und θ', von denen alle andern Brüche mit resp. denselben Nennern ganze Potenzen seien, so lässt sich aus denselben auf analoge Weise eine gebrochene Einheit $\frac{G_1(\omega)}{\theta_1}$ ableiten, in welcher der Nenner θ_1 das kleinste Vielfache von θ, θ' ist und von welcher $\frac{G(\omega)}{\theta}$ und $\frac{G'(\omega)}{\theta'}$ ganze Potenzen sind. Sei nämlich

$$\left(\frac{G(\omega)}{\theta}\right)^\theta = E^\lambda, \left(\frac{G'(\omega)}{\theta'}\right)^{\theta'} = E^\mu,$$

so sind λ und μ resp. prim zu θ und θ. Sei ferner ϑ der grösste gemeinschaftliche Teiler von θ, θ'; ν der von λ, μ, so setze man

$$\frac{\theta'\lambda}{\vartheta\nu} = \lambda', \quad \frac{\theta\mu}{\vartheta\nu} = \mu';$$

dann sind λ', μ' relativ prim und man kann also die ganzen Zahlen α, β immer so bestimmen, dass

$$\lambda' \alpha + \mu' \beta = 1.$$

Nimmt man nun

$$\frac{G_1(\omega)}{\theta_1} = \left(\frac{G(\omega)}{\theta}\right)^{\alpha} \left(\frac{G'(\omega)}{\theta'}\right)^{\beta},$$

so wird

$$\frac{G(\omega)}{\theta} = \left(\frac{G_1(\omega)}{\theta_1}\right)^{\lambda'}; \quad \frac{G'(\omega)}{\theta'} = \left(\frac{G_1(\omega)}{\theta_1}\right)^{\mu'};$$

ausserdem kann

$$\left(\frac{G_1(\omega)}{\theta_1}\right)^n = E^{\left(\frac{\lambda}{\theta}\alpha + \frac{\mu}{\theta'}\beta\right)n} = E^{\frac{\vartheta\nu}{\theta\theta'}n},$$

da ν prim ist zu $\theta\,\theta'$, nicht anders eine Einheit sein, als wenn n ein Multiplum ist von $\frac{\theta\,\theta'}{\vartheta} = \theta_1$ und es ist somit der Bruch $\frac{G_1(\omega)}{\theta_1}$ (nach 2) irreduktibel.

5. Auf diese Weise verfahrend wird man offenbar zu einer gebrochenen Einheit gelangen können, von welcher alle wesentlich verschiedenen Brüche $\frac{g(\omega)}{\theta}$ ganze Potenzen sind. Sei $\frac{G(\omega)}{\Theta_1}$ eine solche Einheit, so ist Θ_1, das kleinste gemeinschaftliche Multiplum aller in den Brüchen $\frac{g(\omega)}{\theta}$ vorkommenden Nenner. Es sind auch alle $\varphi(\Theta_1)$ verschiedenen Potenzen $\left(\frac{G(\omega)}{\Theta_1}\right)^n$, in welchen der Exponent n prim ist zu Θ_1, Einheiten von der Art, dass jeder der Brüche $\frac{g(\omega)}{\theta}$, abgesehen von (ganzen) Einheiten, sich als ganze Potenz derselben darstellen lässt. Sei

$$\left(\frac{G(\omega)}{\Theta_1}\right)^{\Theta_1} = E^k,$$

wo k prim zu Θ_1, so lässt sich an Stelle von $\frac{G(\omega)}{\Theta_1}$ noch eine andere Einheit $\frac{H(\omega)}{\Theta_1}$ setzen, welche dieselben Eigenschaften hat wie jene, für welche aber

$$\left(\frac{H(\omega)}{\Theta_1}\right)^{\Theta_1} = E.$$

Denn macht man

$$\Theta_1\, \alpha + k\beta = 1 \quad \text{und} \quad \frac{H(\omega)}{\Theta_1} = \left(\frac{G(\omega)}{\Theta_1}\right)^{\beta} E^{\alpha},$$

so wird

$$\frac{G(\omega)}{\Theta_1} = \left(\frac{H(\omega)}{\Theta_1}\right)^{k},$$

$$E = \left(\frac{H(\omega)}{\Theta_1}\right)^{\Theta_1},$$

und es sind somit alle hier betrachteten Einheiten, ganze und gebrochene, ganze Potenzen von $\frac{H(\omega)}{\Theta_1}$.

III.

§ 11. Allgemeines.

Nach diesen Vorbereitungen gehe ich zum eigentlichen Gegenstande der vorliegenden Abhandlung über. Ich betrachte also die Form

$$f(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{m} N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3)$$

wo

$$u_1 = a_1 + b_1 \omega + c_1 \omega^2$$
$$u_2 = a_2 + b_2 \omega + c_2 \omega^2$$
$$u_3 = a_3 + b_3 \omega + c_3 \omega^2.$$

Die Koeffizienten in u_1, u_2, u_3 sind gewöhnliche ganze Zahlen; m ist grösster gemeinschaftlicher Teiler der Koeffizienten von

$$x_1^3,\ x_2^3,\ x_3^3,\ 3x_1^2 x_2,\ 3x_1^2 x_3,\ \ldots,\ 3x_1 x_2 x_3.$$

Diejenigen Formen, für welche der grösste gemeinschaftliche Teiler der Koeffizienten von

$$x_1^3,\ x_2^3,\ x_3^3,\ x_1^2 x_2,\ \ldots,\ x_1 x_2 x_3$$

$= 3m$ ist, und welche den uneigentlich primitiven in der Theorie der binären quadratischen Formen entsprechen, sollen im folgenden von der Untersuchung ausgeschlossen werden.

Der Vollständigkeit wegen füge ich noch den expliciten Ausdruck von $f(x_1, x_2, x_3)$ bei:

$$mf(x_1, x_2, x_3) =$$

$$(a_1^3 + Db_1^3 + D^2 c_1^3 - 3 D a_1 b_1 c_1)\, x_1^3$$
$$+ (a_2^3 + Db_2^3 + D^2 c_2^3 - 3 D a_2 b_2 c_2)\, x_2^3$$
$$+ (a_3^3 + Db_3^3 + D^2 c_3^3 - 3 D a_3 b_3 c_3)\, x_3^3$$
$$+ 3[a_1^2 a_2 + Db_1^2 b_2 + D^2 c_1^2 c_2 - D(b_1 c_1 a_2 + c_1 a_1 b_2 + a_1 b_1 c_2)]\, x_1^2 x_2$$
$$+ 3[a_1^2 a_3 + Db_1^2 b_3 + D^2 c_1^2 c_3 - D(b_1 c_1 a_3 + c_1 a_1 b_3 + a_1 b_1 c_3)]\, x_1^2 x_3$$
$$+ 3[a_2^2 a_1 + Db_2^2 b_1 + D^2 c_2^2 c_1 - D(b_2 c_2 a_1 + c_2 a_2 b_1 + a_2 b_2 c_1)]\, x_2^2 x_1$$
$$+ 3[a_2^2 a_3 + Db_2^2 b_3 + D^2 c_2^2 c_3 - D(b_2 c_2 a_3 + c_2 a_2 b_3 + a_2 b_2 c_3)]\, x_2^2 x_3$$
$$+ 3[a_3^2 a_1 + Db_3^2 b_1 + D^2 c_3^2 c_1 - D(b_3 c_3 a_1 + c_3 a_3 b_1 + a_3 b_3 c_1)]\, x_3^2 x_1$$
$$+ 3[a_3^2 a_2 + Db_3^2 b_2 + D^2 c_3^2 c_2 - D(b_3 c_3 a_2 + c_3 a_3 b_2 + a_3 b_3 c_2)]\, x_3^2 x_2$$
$$+ 3[2(a_1 a_2 a_3 + D b_1 b_2 b_3 + D^2 c_1 c_2 c_3) - D(a_1 b_2 c_3 + a_1 b_3 c_2 + a_2 b_1 c_3$$
$$+ a_2 b_3 c_1 + a_3 b_1 c_2 + a_3 b_2 c_1)]\, x_1 x_2 x_3.$$

Wird die Form durch eine lineare Substitution

$$x_1 = \alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3$$
$$x_2 = \alpha' y_1 + \beta' y_2 + \gamma' y_3$$
$$x_3 = \alpha'' y_1 + \beta'' y_2 + \gamma'' y_3$$

der Determinante 1 in die Form

$$f(y_1, y_2, y_3) = \frac{1}{m} N(v_1 y_1 + v_2 y_2 + v_3 y_3)$$

transformiert, so bestehen, wenn

$$v_1 = a_1' + b_1' \omega + c_1' \omega^2$$
$$v_2 = a_2' + b_2' \omega + c_2' \omega^2$$
$$v_3 = a_3' + b_3' \omega + c_3' \omega^2$$

gesetzt wird, die Gleichungen

$$v_1 = u_1\alpha + u_2\alpha' + u_3\alpha''$$
$$v_2 = u_1\beta + u_2\beta' + u_3\beta''$$
$$v_3 = u_1\gamma + u_2\gamma' + u_3\gamma''$$

$$a_1' = a_1\alpha + a_2\alpha' + a_3\alpha''; \quad b_1' = b_1\alpha + b_2\alpha' + b_3\alpha''; \quad c_1' = c_1\alpha + c_2\alpha' + c_3\alpha''$$
$$a_2' = a_1\beta + a_2\beta' + a_3\beta''; \quad b_2' = b_1\beta + b_2\beta' + b_3\beta''; \quad c_2' = c_1\beta + c_2\beta' + c_3\beta''$$
$$a_3' = a_1\gamma + a_2\gamma' + a_3\gamma''; \quad b_3' = b_1\gamma + b_2\gamma' + b_3\gamma''; \quad c_3' = c_1\gamma + c_2\gamma' + c_3\gamma''$$

und es ist daher die Determinante

$$\Delta' = \begin{vmatrix} a_1', & b_1', & c_1' \\ a_2', & b_2', & c_2' \\ a_3', & b_3', & c_3' \end{vmatrix}$$

das Produkt der Determinanten

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1, & b_1, & c_1 \\ a_2, & b_2, & c_2 \\ a_3, & b_3, & c_3 \end{vmatrix} \text{ und } \Sigma = \begin{vmatrix} \alpha, & \beta, & \gamma \\ \alpha', & \beta', & \gamma' \\ \alpha'', & \beta'', & \gamma'' \end{vmatrix} = 1,$$

also $$\Delta' = \Delta.$$

Ausserdem ist

$$\begin{vmatrix} u_1, & u_2, & u_3 \\ u_1', & u_2', & u_3' \\ u_1'', & u_2'', & u_3'' \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1, & b_1, & c_1 \\ a_2, & b_2, & c_2 \\ a_3, & b_3, & c_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1, & 1, & 1 \\ \omega, & \omega', & \omega'' \\ \omega^2, & \omega'^2, & \omega''^2 \end{vmatrix} = \Delta\Omega,$$

wo $$\Omega^2 = -27 D^2.$$

Die Invariante S (nach der Bezeichnung von Herrn Aronhold) ist $= \left(\frac{3}{2}\right)^2 \left(\frac{D.\Delta}{m}\right)^4$, die Invariante $T = \left(\frac{3}{2}\right)^3 \left(\frac{D.\Delta}{m}\right)^6$,

also $$T^2 = S^3$$

und daher die Resultante $R = T^2 - S^3 = 0$.

Der Koeffizient von $3x_1 x_2 x_3$ ist gerade oder ungerade, je nachdem $D\Delta$ gerade oder ungerade ist, und es ist dann immer resp. $\frac{1}{4}S$ oder $4S$ eine ganze Zahl, also m Divisor resp. von $\frac{3D\Delta}{2}$ oder von $3D\Delta$.

Die neun Koeffizienten a_1, b_1 c_1 etc. in u_1, u_2, u_3 können ohne einen allen gemeinschaftlichen Teiler angenommen werden; dann haben auch die neun Koeffizienten a_1', b_1' etc. in v_1, v_2, v_3 keinen solchen gemeinschaftlichen Teiler, insofern, wie im folgenden überall, nur von Substitutionen mit reellen ganzzahligen Koeffizienten und der Determinante 1 die Rede ist.

Ebenso leuchtet ein, dass ein gemeinschaftlicher komplexer (wirklicher oder idealer) Divisor von u_1, u_2, u_3 auch ein solcher von v_1, v_2, v_3 ist, und umgekehrt.

Die Determinante Δ endlich soll, wie erlaubt ist, positiv angenommen werden.

§ 12. Fundamentalsatz.

Vorerst soll nun folgender Satz bewiesen werden:

„Bedeutet Θ das Produkt derjenigen Primzahlen, welche in D quadratisch vorkommen, so kann die Zahl m immer auf die Form

$$\theta^3 . n$$

gebracht werden, wo θ ein Divisor von Θ ist und n prim zu $3D$; und es kann n so in das Produkt $n_1 n_1' n_1''$ von konjugierten (wirklichen oder idealen) Faktoren zerlegt werden, dass u_1, u_2, u_3 alle n_1 als Faktor enthalten."

Ich betrachte zuerst die Zahl 3.

Sei m durch 3^μ und durch keine höhere Potenz von 3 teilbar, so lässt sich $N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3)$ durch eine lineare Substitution immer so transformieren, dass der Koeffizient Nu_1 von x_1^3 genau durch 3^μ teilbar ist. Ist dies erreicht, so setze man

$$u_1' u_1'' = v$$

und schreibe

$$f = \frac{1}{m} N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3)$$

in der Form

$$f = \frac{1}{m\,N(u_1)^2}\; N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3);$$

dann ist $m N(u_1)^2$ genau durch $3^{3\mu}$ teilbar, $u_1 v$, $u_2 v$, $u_3 v$ durch 3^μ und zwar $u_1 v = N(u_1)$ durch keine höhere Potenz von 3.

Dass $u_2 v$ wirklich durch 3^μ teilbar ist, ergiebt sich z. B. auf folgende Weise:

Sei

$$u_1 v = a$$
$$u_2 v = a' + b'\omega + c'\omega^2$$
$$u_3 v = a'' + b''\omega + c''\omega^2.$$

Nun ist

$$u_2 u_1' u_1'' + u_1 u_2' u_1'' + u_1 u_2' u_2''$$

durch $3^{\mu+1}$ teilbar als Koeffizient von $x_1^2 x_2$ in $N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3)$, oder da

$$u_2 u_1' u_1'' = u_2 v = a' + b'\omega + c'\omega^2 \qquad \text{ist,}$$

$$(a' + b'\omega + c'\omega^2) + (a' + b'\omega' + c'\omega'^2) + (a' + b'\omega'' + c'\omega''^2) = 3a'$$

durch $3^{\mu+1}$, also a' durch 3^μ teilbar.

Es ist aber auch

$$N(u_2 v) = a'^3 + D b'^3 + D^2 c'^3 - 3D a' b' c'$$

und der Koeffizient von $3 x_1 x_2^2$:

$$a'^2 a - D b' c' a$$

durch $3^{3\mu}$ teilbar, oder da a und a' durch 3^μ teilbar sind und zwar a nicht durch $3^{\mu+1}$:

$$b' c' \equiv 0 \pmod{3^{2\mu}},$$

$$D b'^3 + D^2 c'^3 \equiv 0 \pmod{{}^{3\mu}},$$

woraus, wenn D nicht durch 3^2 teilbar ist, leicht folgt, dass sowohl b' als c' durch 3^μ teilbar sein muss, und in derselben Weise wird gezeigt, dass a'', b'', c'' durch 3^μ teilbar sind.

Ist D durch 3^2 teilbar, so muss zwar b' auch noch durch 3^μ, c' aber braucht nur durch $3^{\mu-1}$ teilbar zu sein. Hebt man nun im

Nenner von f resp. den Faktor $3^{3\mu-3}$ oder $3^{3\mu}$, aus den Koeffizienten des linearen Ausdrucks

$$u_1 v x_1 + u_2 v x_2 + u_3 v x_3$$

den Faktor $3^{\mu-1}$ oder 3^{μ} weg, so bleibt im Nenner eine Zahl, welche den Faktor 3 in der dritten Potenz oder gar nicht enthält, je nachdem D durch 3^2 teilbar ist oder nicht.

Für die Zahlen s und t beweist sich der Satz in ähnlicher Weise. Ist m genau durch $s^{\mu} t^{\nu}$ teilbar, so kann $u_1 v$ ebenfalls so vorausgesetzt werden; dann sind aber

$$N(u_1 v), \quad N(u_2 v), \quad N(u_3 v)$$

durch $s^{3\mu} t^{3\nu}$ teilbar, also die Koeffizienten von $u_1 v$, $u_2 v$, $u_3 v$ durch $s^{\mu} t^{\nu-1}$. Nach Weghebung dieses Faktors und der entsprechenden $s'^{\mu'} t'^{\nu'-1}, \ldots$ bleibt also noch eine Zahl m von der Form

$$m = \theta^3 . n,$$

wo θ ein Teiler ist von Θ, und die Zahl n prim zu $3D$. Ausserdem erhellt leicht aus den (§ 6) aufgestellten Bedingungen der Teilbarkeit der Norm komplexer Zahlen durch Primzahlen t, dass θ^3 das grösste aus solchen Primzahlen gebildete Produkt ist, welches zugleich in $N(u_1)$, $N(u_2)$, $N(u_3)$ aufgeht.

Hienach kann n bloss noch Primzahlen p und r enthalten, da sich die Primzahlen q sofort wegheben lassen; auch können u_1, u_2, u_3 nicht sämtlich alle drei Primfaktoren einer Primzahl p oder r enthalten, ansonst sie durch diese Primzahlen teilbar wären.

Beweis für die Primzahlen p.

Es seien also z. B. π^{a}, $\pi'^{a'}$ die höchsten Potenzen der Primfaktoren π, π' von p, welche zugleich in u_1, u_2, u_3 enthalten sind, während π'' nicht zugleich in allen dreien vorkomme. Ersetzt man nun in u_1, u_2, u_3 die Wurzel ω successive durch die Kongruenzwurzeln ξ_a, $\xi'_{a'}$, ξ'', so gehen sie in reelle ganze Zahlen über und die Linearfunktion werde resp.

$$p^{\alpha}\ (A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3)$$
$$p^{\alpha'}\ (A'_1 x_1 + A'_2 x_2 + A'_3 x_3)$$
$$A''_1 x_1 + A''_2 x_2 + A''_3 x_3,$$

wo nun der Voraussetzung nach die drei Koeffizienten derselben in Klammern stehenden Linearfunktion niemals alle drei durch p teilbar sind.

Giebt man nun jeder der drei Zahlen x_1, x_2, x_3 die Werte

$$0,\ 1,\ 2, \ldots\ p-1,$$

so wird jeder der obigen (in Klammern stehenden) Ausdrücke für p^2 Kombinationen $\equiv 0 \pmod p$; also giebt es höchstens $3p^2$ Kombinationen, für welche mindestens einer derselben $\equiv 0 \pmod{p_1}$ ist. Im Ganzen giebt es aber p^3 Kombinationen, also mindestens

$$p^3 - 3p^2 = p^2(p-3)$$

Kombinationen, für welche keiner der Ausdrücke $\equiv 0 \pmod{p_1}$ wird.

Nun ist $p > 3$; also kann man für x_1, x_2, x_3 immer Wertsysteme finden, für welche $N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3)$ durch keine höhere Potenz als die $(\alpha+\alpha')^{\text{te}}$ teilbar ist. Der Voraussetzung nach sind aber alle diese Normen durch m teilbar; somit ist der Exponent k der in m enthaltenen Potenz p^k von p immer $\leqq (\alpha + \alpha')$, und es lässt sich daher k immer so in zwei Zahlen $k = \mu + \mu'$ zerlegen, dass

$$\mu \leqq \alpha, \quad \mu' \leqq \alpha'$$

und also u_1, u_2, u_3 alle sowohl π^{μ} als $\pi'^{\mu'}$ als Faktor enthalten.

Beweis für die Primzahlen r und die Zahl 2.

Für die Primzahlen r lässt sich der Beweis ganz in ähnlicher Weise führen; er erstreckt sich dann aber nicht auf die Zahl 2, welche, wenn D ungerade ist, zu dieser Klasse von Primzahlen gehört. Folgende Betrachtung hingegen, welche sich auch auf die Primzahlen p anwenden lässt, hat auch für die Zahl 2 Gültigkeit.

Es zerfalle r in die drei Primfaktoren ϱ, ϱ', ϱ'', von denen ϱ der reellen Wurzel der Kongruenz $r_i^3 \equiv D \pmod r$ zugehöre. Angenommen nun, m sei durch r^{ν} teilbar, so wäre die Zerlegung

von r^ν in drei Faktoren, von denen jeder die Koeffizienten eines der drei Faktoren von $N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3)$ misst, dann unmöglich, wenn u_1, u_2, u_3 weder alle den Faktor ϱ^ν, noch alle den Faktor $(\varrho' \varrho'')^{\frac{\nu}{2}}$ enthielten. Da nun Nu_1, Nu_2, Nu_3 alle durch r^ν, aber u_1, u_2, u_3 nicht alle durch r teilbar sind, so muss eine der Zahlen u, z. B. u_1 entweder von der Form sein

$$\varrho^{\alpha_1} . k \qquad \text{oder} \qquad (\varrho' \varrho'')^{\beta_1} . k,$$

wo $\qquad \alpha_1 \qquad$ oder $\qquad 2\beta_1 \geqq \nu$

und k keinen Primfaktor von r enthält. Es sei also erstlich

$$\begin{aligned} u_1 &= \varrho^{\alpha_1} . k_1 \\ u_2 &= \varrho^{\alpha_2} . (\varrho' \varrho'')^{\beta_2} . k_2 \\ u_3 &= \varrho^{\alpha_3} (\varrho' \varrho'')^{\beta_3} k_3, \end{aligned}$$

wo die k_1, k_2, k_3 keine Primfaktoren von r enthalten sollen und eine der Zahlen α_2, α_3, z. B. α_2, $< \nu$, sei.

Nun ist der Voraussetzung nach der Koeffizient

$$u_1 u_1' u_2'' + u_1 u_2' u_1'' + u_2 u_1' u_1''$$

von $x_1{}^2 x_2$ durch r^ν teilbar. Derselbe hat die Form

$$\varrho^{\alpha_2} (\varrho' \varrho'')^{\alpha_1 + \beta_2} . K + \varrho'^{\alpha_2} (\varrho \varrho'')^{\alpha_1 + \beta_2} K' + \varrho''^{\alpha_2} (\varrho \varrho')^{\alpha_1 + \beta_2} K'',$$

wo K, K', K'' keine Primfaktoren von r enthalten. Wegen $\alpha_2 < \nu$ ist derselbe aber weder durch ϱ^ν, noch durch ϱ'^ν, noch durch ϱ''^ν, somit auch nicht durch r^ν teilbar; contra hyp.

Würde zweitens angenommen, es sei

$$\begin{aligned} u_1 &= (\varrho' \varrho'')^{\beta_1} . k_1 && 2\beta_1 \geqq \nu \\ u_2 &= \varrho^{\alpha_2} . (\varrho' \varrho'')^{\beta_2} . k_2 && 2\beta_2 < \nu \\ u_3 &= \varrho^{\alpha_3} . (\varrho' \varrho'')^{\beta_3} . k_3 && 2\beta_2 + \alpha_2 \geqq \nu, \end{aligned}$$

wo k_1, k_2, k_3 wiederum von Primfaktoren von r frei sind, so würde der Koeffizient

$$u_1 u_2' u_2'' + u_2 u_1' u_2'' + u_2 u_2' u_1''$$

von $x_1 x_2^2$ die Form annehmen

$$\varrho^{2\beta_2} (\varrho' \varrho'')^{\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2} K + \varrho'^{2\beta_2} (\varrho \varrho'')^{\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2} K' + \varrho''^{2\beta_2} (\varrho' \varrho)^{\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2} K'';$$

somit wäre er wegen $2\beta_2 < \nu$ und $2(\beta_2 + \beta_1) + \alpha_2 \geqq 2\nu$ weder durch ϱ^ν, noch durch ϱ'^ν, noch durch ϱ''^ν, also auch nicht durch r^ν teilbar.

§ 13. Reduktion.

Nach dem Vorhergehenden lässt sich jede Form des vorliegenden Systems in folgender Weise ausdrücken:

$$f = \frac{1}{\theta^3} N\left(\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{n_1}\right);$$

u_1, u_2, u_3 sind wirkliche ganze komplexe Zahlen in ω, deren grösster gemeinschaftlicher idealer Teiler die Zahl n_1 ist, derjenige ihrer Normen aber das Produkt $\theta^3 . N(n_1)$, wo $N(n_1)$ prim ist zu $3D$.

Es sei nun

$$1, M_1, M_2, \ldots\ldots M_{h-1}$$

ein System von idealen Multiplikatoren, deren Normen zu $3D$ prim seien, und welche keine wirkliche komplexe Zahl als Faktor enthalten sollen. Ist M_k derjenige Multiplikator des obigen Systems, welcher die Zahl n_1 zu einer wirklichen macht, so setze man

$$M_k . n_1 = m_k$$

und

$$f = \frac{1}{\theta^3} N\left(\frac{u_1 N(M_k) . x_1 + u_2 N(M_k) . x_2 + u_3 N(M_k) . x_3}{m_k . M'_k M''_k}\right);$$

hier sind $u_1 N(M_k)$, $u_2 N(M_k)$, $u_3 N(M_k)$

wirkliche komplexe Zahlen, welche durch die wirkliche komplexe Zahl m_k teilbar sind. Setzt man also die Quotienten

$$\frac{u_1 N(M_k)}{m_k} = v_1, \quad \frac{u_2 N(M_k)}{m_k} = v_2, \quad \frac{u_3 N(M_k)}{m_k} = v_3,$$

so sind v_1, v_2, v_3 wiederum wirkliche komplexe Zahlen, welche sämtlich durch $M'_k M''_k$ teilbar sind, und es wird

$$f = \frac{1}{\theta^3} N\left(\frac{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3}{M'_k M''_k}\right) = \frac{1}{\theta^3 N(M_k)^2} N(v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3).$$

An Stelle unendlich vieler Zahlen m ist also die endliche Anzahl von Zahlen getreten, welche Produkte sind aus dritten Potenzen der Divisoren von Θ in die h Zahlen

$$1, N(M_1)^2, \ N(M_2)^2, \ldots . N(M_{h-1})^2.$$

Da nun für jedes Formensystem der Ausdruck $\frac{\Delta}{m}$ einen gegebenen unveränderlichen (ganzen oder gebrochenen) Wert δ hat, so muss auch

$$\Delta = N(M_p)^2 \cdot \theta^3 \cdot \delta$$

sein für die Form f.

Die Normen von v_1, v_2, v_3 sind alle durch θ^3 teilbar und daher, wenn wieder

$$v_1 = a_1 + b_1 \omega + c_1 \omega^2$$

$$v_2 = a_2 + b_2 \omega + c_2 \omega^2$$

$$v_3 = a_3 + b_3 \omega + c_3 \omega^2$$

gesetzt wird, alle Zahlen a und b durch θ, somit Δ durch θ^2 teilbar. Ferner ist (§ 11) $N(M_k)^2 \theta^3$ Divisor von $3D\Delta$, also weil $N(M_k)$ prim ist zu $3D$, Δ teilbar durch $N(M_k)^2$; folglich auch durch $N(M_k)^2 \cdot \theta^2$ und daher $\theta\delta$ eine ganze Zahl.

Die weitere Reduktion geschieht mit Hülfe linearer Transformationen. Wendet man auf die Form f die Substitution

$$\begin{matrix} \alpha, & \beta, & \gamma \\ \alpha', & \beta', & \gamma' \\ \alpha'', & \beta'', & \gamma'' \end{matrix}$$

an, so kann man γ, γ', γ'' immer so wählen, dass c_3 der grösste gemeinschaftliche Teiler von c_1, c_2, c_3 wird. Hierauf kann man durch Anwendung einer Substitution der Form

$$\begin{matrix} 1, & 0, & 0 \\ 0, & 1, & 0 \\ \alpha'', & \beta'', & 1 \end{matrix}$$

die Zahlen α'', β'' so nehmen, dass $c_1 = 0$, $c_2 = 0$ wird.

Durch eine weitere Substitution der Form

$$\begin{matrix} \alpha, & \beta, & 0 \\ \alpha', & \beta', & 0 \\ 0, & 0, & 1 \end{matrix}$$

ist es noch möglich $b_1 = 0$ zu machen, so dass das System der Koeffizienten jetzt lautet

$$\begin{matrix} a_1 & 0 & 0 \\ a_2 & b_2 & 0 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{matrix}$$

Endlich wird man noch durch eine Substitution

$$\begin{matrix} 1, & \beta, & \gamma \\ 0, & 1, & \gamma' \\ 0, & 0, & 1 \end{matrix}$$

bewirken, dass die Bedingungen erfüllt sind

$$0 \leqq a_2 < a_1\,; \qquad 0 \leqq b_3 < b_2$$
$$0 \leqq a_3 < a_1\,.$$

Hiebei können a_1, b_2, c_3 als positiv vorausgesetzt werden; denn da $\varDelta = a_1\, b_2\, c_3$ der Annahme nach positiv ist, so müssten zwei von diesen Zahlen, z. B. b_2, c_3, negativ, die dritte a_1 positiv sein; dann würden aber durch die Substitution

$$\begin{matrix} 1, & 0, & 0 \\ 0, & -1, & 0 \\ 0, & 0, & -1 \end{matrix}$$

sofort die Zeichen von b_2 und c_3 umgekehrt.

Es ist also nunmehr jede Form des Systems auf eine ihr äquivalente, von folgender Gestalt reduziert:

$$f = \frac{1}{\theta^3}\, N\left(\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{M_k'\, M_k''}\right),$$

wo

$$u_1 = a_1$$
$$u_2 = a_2 + b_2\,\omega$$
$$u_3 = a_3 + b_3\,\omega + c_3\,\omega^2.$$

Die Koeffizienten a, b, c sind den Bedingungen unterworfen

$$a_1\, b_2\, c_3 = \theta^3 \,.\, N(M_k)^2 \,.\, \delta$$
$$0 \leqq a_2 < a_1\,; \qquad 0 \leqq b_3 < b_2$$
$$0 \leqq a_3 < a_1\,; \qquad 0 < c_3\,;$$

ausserdem müssen u_1, u_2, u_3 durch $M'_k . M''_k$ und a_1, a_2, a_3, b_2, b_3 durch θ teilbar sein, c_3 aber prim sein zu θ.

Da nun 1) die Anzahl h der Multiplikatoren M und diejenige der Divisoren θ von Θ endlich ist, 2) die ganzen Zahlen a_1, a_2, a_3, b_2, b_3, c_3 den eben genannten Bedingungen genügen müssen, so ergiebt sich, dass die Anzahl der reduzierten Formen, also jedenfalls auch die Anzahl nicht äquivalenter Formen des Systems endlich ist.

§ 14. Bedingungen der Teilbarkeit.

Ich untersuche jetzt die Bedingungen der Teilbarkeit von u_1, u_2, u_3 durch die ideale Zahl $M'_k . M''_k$ und lasse dabei der Symmetrie wegen die Bedingung fallen, dass M_k keine wirkliche komplexe Zahl als Faktor enthalten dürfe; nur die Primzahlen q betrachte ich als weggehoben und setze also der frühern Bezeichnungsweise gemäss:

$$\begin{aligned} M_k &= \pi^{\mu} \; \pi'^{\mu'} \; \pi''^{\mu''} \; \ldots . \; \varrho^{\lambda} \; (\varrho' \varrho'')^{\nu} \ldots . \\ M'_k &= \pi'^{\mu} \; \pi''^{\mu'} \; \pi^{\mu''} \; \ldots .. \; \varrho'^{\lambda} \; (\varrho'' \varrho)^{\nu} \ldots .. \\ M''_k &= \pi''^{\mu} \; \pi^{\mu'} \; \pi'^{\mu''} \; \ldots .. \; \varrho''^{\lambda} (\varrho \; \varrho')^{\nu} \ldots .; \end{aligned}$$

also ist

$$M'_k M''_k = \pi^{\mu'+\mu''} \; \pi'^{\mu''+\mu} \; \pi''^{\mu+\mu'} \; \ldots . \; \varrho^{2\nu} (\varrho' \varrho'')^{\lambda+\nu} \ldots .$$

und es muss demnach folgendes System von Kongruenzen erfüllt sein

$$\begin{aligned} &a_1 \equiv 0, \; a_2 + b_2 \xi \equiv 0, \; a_3 + b_3 \xi + c_3 \xi^2 \equiv 0 \pmod{p^{\mu'+\mu''}}, \\ &a_1 \equiv 0, \; a_2 + b_2 \xi' \equiv 0, \; a_3 + b_3 \xi' + c_3 \xi'^2 \equiv 0 \pmod{p^{\mu''+\mu}}, \\ &a_1 \equiv 0, \; a_2 + b_2 \xi'' \equiv 0, \; a_3 + b_3 \xi'' + c_3 \xi''^2 \equiv 0 \pmod{p^{\mu+\mu'}} \end{aligned}$$

etc.

$$a_1 \equiv 0, \; a_2 + b_2 \eta \equiv 0, \; a_3 + b_3 \eta + c_3 \eta^2 \equiv 0 \pmod{r^{2\nu}},$$

$$\left.\begin{aligned} a_1 \equiv 0, \quad a_2 &\equiv 0, \quad a_3 - c_3 \eta^2 \equiv 0 \\ b_2 &\equiv 0, \quad b_3 - c_3 \eta \equiv 0 \end{aligned}\right\} \pmod{r^{\lambda+\nu}}$$

etc.,

wo der Einfachheit wegen die jedesmaligen Indices von ξ, η etc. weggelassen sind. Bedeuten α, β, γ die Zahlen $\mu' + \mu''$, $\mu + \mu''$, $\mu' + \mu$ der Grösse nach geordnet, so dass

$$\alpha > \beta > \gamma,$$

und ist ebenso ε die grössere, ϑ die kleinere der Zahlen $\lambda+\nu$, 2ν, so ersieht man leicht aus obigen Kongruenzen, dass

a_1 durch $p^\alpha r^\varepsilon$

a_2 und b_2 durch $p^\beta r^{\lambda+\nu}$

a_3, b_3, c_3 durch $p^\lambda r^\vartheta$

teilbar sind. Setzt man daher

$$A_1 = p^\alpha p_1^{\alpha_1} \ldots . r^\varepsilon r_1^{\varepsilon_1} \ldots .$$
$$B_2 = p^\beta p_1^{\beta_1} \ldots . r^{\lambda+\nu} r_1^{\lambda_1+\nu_1} \ldots$$
$$C_3 = p^\gamma p_1^{\gamma_1} \ldots . r^\vartheta r_1^{\vartheta_1} \ldots .,$$

so kann man schreiben, wenn man noch die Teilbarkeit durch θ berücksichtigt:

$$u_1 = \theta A_1 . \mathfrak{a}_1$$
$$u_2 = \theta B_2 . (\mathfrak{a}_2 + \mathfrak{b}_2 \omega)$$
$$u_3 = C_3 (\theta \mathfrak{a}_2 + \theta \mathfrak{b}_3 \omega + \mathfrak{c}_3 \omega^2)$$

Erwägt man, dass

$$\alpha + \beta + \gamma = 2 (\mu + \mu' + \mu'')$$
$$\varepsilon + \vartheta = \lambda + 3\nu,$$

so sieht man, dass

$$A_1 B_2 C_3 = N(M_k)^2$$
$$\mathfrak{a}_1 \mathfrak{b}_2 \mathfrak{c}_3 = \theta \delta.$$

Setzt man noch

$$\frac{A_1}{B_2} = \mathfrak{A}, \frac{A_1}{C_3} = \mathfrak{B}, \frac{B_2}{C_3} = \mathfrak{C},$$

so sind $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ ganze Zahlen, und man hat die Bedingungen:

$$0 \leqq \mathfrak{a}_2 < \mathfrak{A}\,\mathfrak{a}_1\,; \qquad 0 \leqq \mathfrak{b}_3 < \mathfrak{C}\,\mathfrak{b}_2.$$

$$0 \leqq \mathfrak{a}_3 < \mathfrak{B}\,\mathfrak{a}_1$$

Sind $\mathfrak{a}_1$, $\mathfrak{b}_2$, $\mathfrak{c}_3$ der Gleichung $\mathfrak{a}_1\,\mathfrak{b}_2\,\mathfrak{c}_3 = \theta\,\delta$ gemäss angenommen, so haben $\mathfrak{a}_2$, $\mathfrak{a}_3$, $\mathfrak{b}_3$ noch Kongruenzen zu genügen, welche sie resp. nach den Moduln $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ bestimmen.

Es wäre nun noch die Anzahl der reduzierten Formen eines Systems zu bestimmen, das einem gegebenen Werte von δ entspricht. Zu diesem Zwecke sind für θ alle diejenigen Divisoren von Θ anzunehmen, für welche $\theta\,\delta$ eine ganze Zahl wird; hierauf ist jeder Wert von $\theta\,\delta$ auf alle möglichen Weisen so in drei Faktoren $\mathfrak{a}_1$, $\mathfrak{b}_2$, $\mathfrak{c}_3$ zu zerlegen, dass $\mathfrak{c}_3$ prim wird zu θ. Für jede solche Zerlegung hat man dann $\mathfrak{a}_1^2\,\mathfrak{b}_2$ Kombinationen von $\mathfrak{a}_1$ Werten $\mathfrak{a}_2$, mit $\mathfrak{a}_1$ Werten $\mathfrak{a}_3$ und $\mathfrak{b}_2$ Werten $\mathfrak{b}_3$. Von diesen $\mathfrak{a}_1^2\,\mathfrak{b}_2$ Kombinationen sind aber alle diejenigen auszuschliessen, für welche u_1, u_2, u_3 einen grössern gemeinschaftlichen idealen Teiler als $M'_k\,M''_k$ haben und für welche der grösste gemeinschaftliche Teiler von $\frac{N(u_1)}{\theta^3}$, $\frac{N(u_2)}{\theta^3}$, $\frac{N(u_3)}{\theta^3}$ nicht prim ist zu $3\,D$.

Diese Bestimmung ist indes, wenn auch nicht schwierig, so doch weitläufig; ich muss sie daher für jetzt übergehen und erwähne nur noch den speciellen Fall (welcher etwa demjenigen bei den quadratischen Formen entspricht, wo die Determinante keinen quadratischen Faktor enthält), wo $\delta = \frac{1}{\Theta}$ ist, und also, da $\theta\,\delta$ eine ganze Zahl sein muss, θ nur den Wert Θ haben kann; dann

ist $$\mathfrak{a}_1\,\mathfrak{b}_2\,\mathfrak{c}_3 = 1,$$

somit einzeln $$\mathfrak{a}_1 = 1,\ \mathfrak{b}_2 = 1,\ \mathfrak{c}_3 = 1.$$

Die Zahlen $\mathfrak{a}_2$, $\mathfrak{a}_3$, $\mathfrak{b}_3$ sind jetzt durch die angeführten Kongruenzen unzweideutig bestimmt und es entspricht daher jedem Multiplikator M nur e i n e reduzierte Form und es ist in diesem Fall die Anzahl der reduzierten Formen genau gleich der Klassenanzahl der komplexen Zahlen.

§ 15. Lemmata.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, ob in einem System reduzierter Formen auch noch äquivalente sich finden können, und zu zeigen, wie, wenn dies der Fall ist, dasselbe auf ein System nicht äquivalenter Formen weiter zu reduzieren ist. Ich will dabei annehmen, es seien aus dem Multiplikator die reellen Primzahlen, die er etwa enthält, weggehoben. Alsdann ist, wie leicht zu sehen, $A_1 = N(M_k)$.

Zuerst schicke ich einige Sätze voraus:

1) Wenn zwei reduzierte Formen

$$f = \frac{1}{\theta^3} N\left(\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{M'_k M''_k}\right), \quad \varphi = \frac{1}{\theta'^3} N\left(\frac{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3}{M'_i M''_i}\right)$$

in ihrer entwickelten Form (§ 11) identisch sind, so sind auch einzeln θ und θ', M_k und M'_k, $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$ und $v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3$ identisch.

In der That, es sei

$$u_1 = \theta \,.\, N(M_k) \,.\, \mathfrak{a}_1, \quad v_1 = \theta' \,.\, N(M_i)\, \mathfrak{a}'_1,$$

so ist der Voraussetzung nach

$$\frac{1}{\theta^3} N\left(\frac{u_1}{M'_k M''_k}\right) = \frac{1}{\theta'^3} N\left(\frac{v_1}{M'_i M''_i}\right),$$

oder

$$\mathfrak{a}_1^3 N(M_k) = \mathfrak{a}_1'^3 N(M_i),$$

also

$$\mathfrak{a}_1^2 \theta' u_1 = \mathfrak{a}_1'^2 \theta v_1 ;$$

und

$$\mathfrak{a}_1^6 \theta'^3 N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3) = \mathfrak{a}_1'^6 \theta^3 N(v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3),$$

oder

$$N(\mathfrak{a}_1^2 \theta' u_1 x_1 + \cdots) = N(\mathfrak{a}_1'^2 \theta v_1 x_1 + \cdots).$$

Wenn aber die Normen zweier reelle Linearfaktoren und die Koeffizienten einer und derselben Unbestimmten (hier von x_1) einander gleich sind, so müssen, wie sich dies z. B. schon aus der Methode der Zerlegung in Linearfaktoren ergiebt, diese Linearfunktionen vollständig identisch sein, d. h. es ist

$$\mathfrak{a}_1^2 \theta' \,.\, (u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3) = \mathfrak{a}_1'^2 \theta (v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3).$$

Nun sind resp. $M'_k M''_k$ und $M'_i M''_i$ die grössten gemeinschaftlichen idealen Teiler von u_1, u_2, u_3, und v_1, v_2 v_3; somit

$$\mathfrak{a}_1^2 \theta' \,.\, M'_k M''_k = \mathfrak{a}_1'^2 \theta \,.\, M'_i M''_i$$

und hieraus wegen

$$\alpha) \qquad \mathfrak{a}_1^3 N(M_k) = \mathfrak{a}_1'^3 N(M_i)$$

$$\mathfrak{a}_1 \theta \,.\, M_k = \mathfrak{a}'_1 \theta' \,.\, M_i.$$

Es gehören also M_k und M_i zu derselben Klasse, daher

$$M_k = M_i$$

$$\mathfrak{a}_1 \theta = \mathfrak{a}'_1 \theta',$$

woraus mit Rücksicht auf Gleichung α) folgt

$$\mathfrak{a}_1 = \mathfrak{a}'_1, \qquad \theta = \theta' \qquad\qquad \text{w. z. b. w.}$$

2) Ein reduzierter Linearfaktor

$$a_1 x_1 + (a_2 + b_2 \omega) x_2 + (a_3 + b_3 \omega + c_3 \omega^2) x_3$$

kann nicht durch lineare Transformation in einen andern, davon verschiedenen, ebenfalls reduzierten

$$a'_1 x_1 + (a'_2 + b'_2 \omega) x_2 + (a'_3 + b'_3 \omega + c'_3 \omega^2) x_3$$

verwandelt werden.

Denn ginge der erste in den zweiten über durch die Substitution

$$\begin{matrix} \alpha, & \beta, & \gamma \\ \alpha', & \beta', & \gamma' \\ \alpha'', & \beta'', & \gamma'', \end{matrix}$$

so müssten die Gleichungen erfüllt sein:

$$\begin{aligned} a'_1 &= a_1 \alpha + a_2 \alpha' + a_3 \alpha'', & 0 &= b_2 \alpha' + b_3 \alpha'', & 0 &= c_3 \alpha'' \\ a'_2 &= a_1 \beta + a_2 \beta' + a_3 \beta'', & b'_2 &= b_2 \beta' + b_3 \beta'', & 0 &= c_3 \beta'' \\ a'_3 &= a_1 \gamma + a_2 \gamma' + a_3 \gamma'', & b'_3 &= b_2 \gamma' + b_3 \gamma'', & c'_3 &= c_3 \gamma'', \end{aligned}$$

woraus folgt, da b_2, c_3 nicht null sind:

$$\alpha'' = 0, \quad \beta'' = 0, \quad \alpha' = 0$$

$$\alpha \beta' \gamma'' = 1,$$

somit, weil diese Koeffizienten alle positiv sind,

$$a_1' = a_1, \quad b_2' = b_2 \quad c_3' = c_3$$

$$\alpha = 1, \quad \beta' = 1, \quad \gamma'' = 1.$$

Endlich folgt aus den Bedingungsgleichungen:

$$0 \leqq a_2 < a_1 \qquad 0 \leqq a_2' < a_1'$$

$$0 \leqq a_3 < a_1 \qquad 0 \leqq a_3' < a_1'$$

$$0 \leqq b_3 < b_2 \qquad 0 \leqq b_3' < b_2'$$

leicht noch

$$\beta = 0, \quad \gamma = 0, \quad \gamma' = 0;$$

d. h. die Substitution ist die identische

$$\begin{matrix} 1, & 0, & 0 \\ 0, & 1, & 0 \\ 0, & 0, & 1 \end{matrix}$$

w. z. b. w.

3) Wird hingegen der reduzierte Linearfaktor

$$\overset{(0)}{u} = u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$$

mit der Fundamentaleinheit E multipliziert, hierauf durch lineare Transformationen wieder reduziert, so wird man im Allgemeinen einen von $\overset{(0)}{u}$ verschiedenen reduzierten Ausdruck $\overset{(1)}{u}$ erhalten. Wendet man dasselbe Verfahren auf $\overset{(1)}{u}$ an, so erhalte man $\overset{(2)}{u}$ u. s. w. Durch wiederholte Anwendung desselben wird man also eine Reihe von reduzierten Linearfaktoren

$$\overset{(0)}{u}, \overset{(1)}{u}, \overset{(2)}{u}, \ldots\ldots$$

erhalten. Anstatt $\overset{(k)}{u}$ aus $\overset{(k-1)}{u}$ abzuleiten, indem man letzteres mit E multipliziert und reduziert, kann man auch direkt $\overset{(0)}{u}$ mit E^k multiplizieren und dann reduzieren. Beide Resultate müssen identisch sein, da das Endresultat dasselbe ist, ob man einen Linearfaktor

$u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$ zuerst mit einer Einheit multipliziere und dann durch eine lineare Substitution transformiere, oder ob man umgekehrt zuerst (mit derselben Substitution) transformiere und dann mit der Einheit multipliziere. Obige Reihe von reduzierten Formen wird daher auch erhalten, indem man die Faktoren

$$\overset{(0)}{u},\quad E\overset{(0)}{u},\quad E^2\overset{(0)}{u},\ \ldots .$$

reduziert, und es kann dieselbe auch rückwärts fortgesetzt werden:

$$\ldots\ldots \overset{(-2)}{u},\ \overset{(-1)}{u},\ \overset{(0)}{u},\ \overset{(1)}{u},\ \overset{(2)}{u},\ \ldots .$$

Ich behaupte nun, dass diese Reihe aus einer endlichen Anzahl verschiedener, aber periodisch wiederkehrender Glieder bestehen müsse. In der That: durch Multiplikation des Linearfaktors mit einer Einheit e bleibt die Determinante $\varDelta$ des Koeffizientensystems unverändert; denn es ist

$$\begin{vmatrix} u_1, & u_2, & u_3 \\ u_1', & u_2', & u_3' \\ u_1'', & u_2'', & u_3'' \end{vmatrix} = \varDelta\Omega$$

und

$$\varDelta'\Omega = \begin{vmatrix} eu_1, & eu_2, & eu_3 \\ e'u_1', & e'u_2', & e'u_3' \\ e''u_1'', & e''u_2'', & e''u_3'' \end{vmatrix} = N(e)\,.\,\varDelta\Omega = \varDelta\Omega,$$

also $$\varDelta' = \varDelta.$$

Dasselbe gilt von einer Transformation durch eine lineare Substitution der Determinante 1. Derselben Determinante $\varDelta$ entspricht aber nur eine endliche Anzahl reduzierter Linearfaktoren; folglich müssen gewisse derselben wiederkehren (und zwar unendlich oft). Seien $\overset{(r)}{u}$, $\overset{(s)}{u}$ zwei gleiche Glieder obiger Reihe und

$$\overset{(r)}{u},\ \overset{(r+1)}{u},\ \ldots\ldots \overset{(s-1)}{u}$$

alle von einander verschieden. Nun leitet sich $\overset{(s+k)}{u}$ aus $\overset{(s)}{u}$ durch Multiplikation von $\overset{(s)}{u}$ mit E^k und nachherige Reduktion ab; auf

dieselbe Weise kann $\overset{(r+k)}{u}$ aus $\overset{(r)}{u}$ abgeleitet werden, und da der Voraussetzung nach $\overset{(r)}{u}$ und $\overset{(s)}{u}$ identisch sind, so müssen es auch $\overset{(r+k)}{u}$ und $\overset{(s+k)}{u}$ sein. Setzt man speziell $k = -r$ und $s - r = \lambda$, so findet sich $\overset{(0)}{u}$ identisch mit $\overset{(s-r)}{u}$ oder $\overset{(\lambda)}{u}$, und man hat dann eine Periode von λ Gliedern

$$\overset{(0)}{u}, \ \overset{(1)}{u}, \ \overset{(2)}{u}, \ \ldots\ldots \overset{(\lambda-1)}{u},$$

welche entstehen durch Reduktion von

$$\overset{(0)}{u}, \ E\overset{(0)}{u}, \ E^2\overset{(0)}{u}, \ \ldots\ldots E^{\lambda-1}\overset{(0)}{u},$$

und zwar sind, wie leicht zu sehen, die Glieder derselben alle von einander verschieden, und die notwendige und hinreichende Bedingung, dass irgend zwei Glieder $\overset{(r)}{u}$ und $\overset{(s)}{u}$ der Reihe

$$\ldots\ldots \overset{(-2)}{u}, \ \overset{(-1)}{u}, \ \overset{(0)}{u}, \ \overset{(1)}{u}, \ \overset{(2)}{u}, \ \ldots\ldots$$

identisch seien, ist

$$r \equiv s \pmod{\lambda}.$$

§ 16. Entscheidung der Aequivalenz.

Es seien nun

$$f = \frac{1}{\varrho^3} N\left(\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{M_k' M_k''}\right) \text{ und } \varphi = \frac{1}{\varrho^3} N\left(\frac{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3}{M_i' M_i''}\right)$$

zwei reduzierte Formen. Es soll entschieden werden, ob sie äquivalent seien oder nicht. Angenommen, sie seien es und es gehe φ in f über durch die Substitution

$$\begin{matrix} \alpha, & \beta, & \gamma \\ \alpha', & \beta', & \gamma' \\ \alpha'', & \beta'', & \gamma''. \end{matrix}$$

Dabei gehe $v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3$ über in $w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3$, wo demnach

$$w_1 = v_1\alpha + v_2\alpha' + v_3\alpha''$$
$$w_2 = v_1\beta + v_2\beta' + v_3\beta''$$
$$w_3 = v_1\gamma + v_2\gamma' + v_3\gamma''$$

ist. Dann haben w_1, w_2, w_3, wenn von Primfaktoren von $3D$ abgesehen wird, wieder den grössten gemeinschaftlichen idealen Teiler $M_i' M_i''$, und es ist

$$\frac{1}{\theta'^3} N\left(\frac{w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3}{M_i' M_i''}\right) \text{ identisch mit } \frac{1}{\theta^3} N\left(\frac{u_1x_1 + u_2x_2 + u_3x_3}{M_k' M_k''}\right).$$

Aus dieser Identität folgt

$$\frac{w_1}{u_1} = \frac{w_2}{u_2} = \frac{w_3}{u_3}.$$

Wird dieser Quotient mit k bezeichnet und

$$k_1 = k\,\frac{M_k' M_k''}{M_i' M_i''}$$

gesetzt, so kommt

$$\frac{w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3}{M_i' M_i''} = k_1\,\frac{u_1x_1 + u_2x_2 + u_3x_3}{M_k' M_k''}.$$

Da nun $M_i' M_i''$ ein idealer Teiler ist von w_1, w_2, w_3, so enthält der Ausdruck links nur ganze ideale Zahlen zu Koeffizienten; dasselbe muss daher mit dem Ausdruck rechts der Fall sein. Auch hier müssen sich die idealen Primfaktoren des Nenners gegen die des Zählers fortheben. Da nun u_1, u_2, u_3 den grössten gemeinschaftlichen idealen Teiler $M_k' M_k''$ haben, so müssen sich alle idealen Primfaktoren des Nenners von k_1 gegen die des Zählers fortheben. Schreibt man die Gleichung aber

$$\frac{1}{k_1}\cdot\frac{w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3}{M_i' M_i''} = \frac{u_1x_1 + u_2x_2 + u_3x_3}{M_k' M_k''},$$

so sieht man, dass auch die idealen Primfaktoren des Zählers von k_1 sich gegen die des Nenners fortheben müssen. Macht man nun durch Multiplikation mit einem passenden idealen Faktor im Zähler und Nenner den Zähler zu einer wirklichen complexen Zahl z. B.

$$k_1 = \frac{w_1}{u_1}\cdot\frac{N(M_k)}{M_k M_i' M_i''} = \frac{g(\omega)}{\theta_1 \,.\, i(\omega)},$$

wo θ_1 das Produkt der in u_1 enthaltenen Primzahlen t bedeutet, insofern sie sich gegen solche im Zähler nicht wegheben, so ist $i(\omega)$ eine ideale Zahl, die mit $M_k . M_i' M_i''$ in dieselbe Klasse gehört, also auch $i(\omega) M_i$ mit M_k. Nun ist

$$\theta'^3 = \theta^3 N(k_1) = \frac{\theta^3}{\theta_1^3} N\left(\frac{g(\omega)}{i(\omega)}\right),$$

oder

$$N \frac{g(\omega)}{i(\omega)} = \frac{\theta'^3 \theta_1^3}{\theta^3} = \theta''^3,$$

wo θ'' eine ganze Zahl ist. Die Zahl k_1 stellt sich also heraus als das Produkt von $\frac{1}{\theta_1}$ in einen Bruch $\frac{g(\omega)}{i(\omega)}$. Der Zähler $g(\omega)$ dieses Bruchs ist eine wirkliche komplexe Zahl und hat zur Norm das Produkt aus der dritten Potenz eines Divisors von Θ in einen Faktor, welcher zu $3D$ prim ist; der Nenner $i(\omega)$ ist das Produkt aller idealen in $g(\omega)$ enthaltenen Primfaktoren.

Aus allen Brüchen $\frac{g(\omega)}{i(\omega)}$ von der eben erwähnten Eigenschaft, für welche $i(\omega)$ in dieselbe Klasse komplexer Zahlen gehört, wähle man je einen. Die Anzahl der so erhaltenen Brüche[1]) ist also höchstens gleich der Anzahl h der Multiplikatoren.

Giebt es nun unter diesen Brüchen keinen, für welchen $i(\omega) . M_i$ mit M_k in dieselbe Klasse gehört, so können offenbar die vorgelegten Formen nicht äquivalent sein. Existiert aber ein solcher Bruch $\frac{g(\omega)}{i(\omega)}$, so multipliziere man mit demselben den Ausdruck

$$\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{M_k' M_k''}.$$

Schreibt man das Produkt in der Form

$$\frac{g(\omega) . N(M_i) (u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3)}{i(\omega) M_i . M_k' M_k'' . M_i' M_i''},$$

so sind die Koeffizienten von x_1, x_2, x_3 im Zähler wirkliche komplexe Zahlen, welche durch die wirkliche komplexe Zahl

---

[1]) Dieselben lassen sich als Potenzen eines derselben darstellen und ihre Anzahl ist ein Divisor von h.

$i(\omega) M_i . M'_k M''_k$ teilbar sind. Hebt man diese weg und bringt den Zähler durch lineare Transformationen in die reduzierte Form

$$\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \omega_3 x_3,$$

so erhält man den Ausdruck

$$\frac{\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \omega_3 x_3}{M'_i M''_i},$$

und die Untersuchung ist darauf zurückgeführt, zu entscheiden, ob zwei reduzierte Formen mit demselben idealen Nenner $M'_i M''_i$ äquivalent sein können.

Die Frage, ob

$$\frac{1}{\theta^3} N\left(\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{M'_k M''_k}\right) \text{ mit } \frac{1}{\theta'^3} N\left(\frac{v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3}{M'_k M''_k}\right)$$

identisch sein könne, kann wieder behandelt werden wie vorhin; nur gehört jetzt die ideale Zahl $i(w)$ zur Hauptklasse, d. h. sie ist eine wirkliche komplexe Zahl und daher $g(\omega)$ teilbar durch $i(\omega)$. Nennt man den Quotienten $g'(\omega)$, so ist nun $g'(\omega)$ eine komplexe Zahl, deren Norm die dritte Potenz eines Divisors θ von Θ ist. Alle Zahlen $\frac{g'(\omega)}{\theta}$ können nach § 10 als ganze Potenzen einer einzigen $\frac{H(\omega)}{\Theta_1}$ dargestellt werden, und zwar stellen die ersten $(\Theta_1 - 1)$ Potenzen der letztern alle Zahlen $\frac{g'(\omega)}{\theta}$ dar, welche nicht durch Multiplikation mit einer Einheit aus einander abgeleitet werden können und nur solche. Mit diesen $\Theta_1 - 1$ ersten Potenzen multipliziere man den Ausdruck $\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{\theta}$, wobei gemeinschaftliche Faktoren t im Nenner und den Koeffizienten des Zählers wegzulassen sind, und reduziere den erhaltenen Linearfaktor. Von jedem der so erhaltenen Linearfaktoren bilde man endlich noch die durch Multiplikation mit Einheiten abgeleitete Periode, so muss sich unter den so erhaltenen Formen auch die Form φ befinden, ansonst φ und f nicht äquivalent sein können. Denn durch das angegebene Verfahren sind alle reduzierten Formen gebildet worden, welche der Form f äquivalent sind.

Hieraus ergiebt sich folgende Konstruktion eines Systems nicht äquivalenter Formen:

Man nehme irgend eine reduzierte Form, multipliziere den Ausdruck

$$\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{\theta \cdot M_k' M_k''},$$

dessen Norm die Form vorstellt, mit jedem der oben definierten Brüche

$$\frac{1}{\theta'} \cdot \frac{g(\omega)}{i(\omega)} \quad \left(\text{wo } \theta'^3 = N\left(\frac{g(\omega)}{i(\omega)}\right)\right)$$

und reduziere; jeden der erhaltenen reduzierten Linearfaktoren multipliziere man mit den ersten $\Theta_1 - 1$ Potenzen von $\frac{H(\omega)}{\Theta_1}$ und reduziere wieder; endlich bilde man von allen so erhaltenen reduzierten Linearfunktionen $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$, soweit dieselben nicht identisch sind, die Periode. Die Normen aller so erhaltenen Ausdrücke $\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{\theta \cdot M_k' M_k''}$ sind äquivalente Formen.

Hierauf nehme man von den übrig gebliebenen reduzierten Formen je eine und leite aus ihr in derselben Weise alle äquivalenten ab, u. s. w., bis alle Formen des Systems erschöpft sind.

Nimmt man nun von allen auf diese Weise aus einer Form abgeleiteten nur eine, beliebige heraus, so bildet der Komplex der so gewählten ein System nicht äquivalenter Formen, wie es zu gegebenen Werten von D und δ gehört.

Für den speziellen Fall, wo D keinen quadratischen Teiler hat, also $\Theta = 1$ ist, fallen die Zahlen $\frac{g(\omega)}{i(\omega)}$ und $\frac{H(\omega)}{\Theta_1}$ weg; zwei Formen sind dann immer nicht äquivalent, wenn sie verschiedenen Multiplikatoren zugehören. Was die Gliederzahl λ einer Periode anbetrifft, so kann dieselbe für nicht äquivalente Formen verschieden sein.

§ 17. Transformation der Formen in sich selbst[1]).

Mit Hülfe der vorangegangenen Entwickelungen ergeben sich nun die Transformationen einer beliebigen Form F in eine ihr äquivalente Φ auf folgende Weise:

---

[1]) Vgl. Dirichlet, Zahlentheorie § 60.

Sind F und Φ irgend zwei äquivalente Formen, und man kennt eine Transformation Σ von F in Φ und alle Transformationen S von Φ in sich selbst, so stellt, wie leicht ersichtlich, $\Sigma S \Sigma^{-1}$ irgend eine Transformation von F in sich selbst dar; man braucht deshalb nur die Transformationen der reduzierten Formen in sich selbst zu kennen.

Sei also

$$f = N\left(\frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3}{\theta \,.\, M'_k\, M''_k}\right)$$

eine reduzierte Form, die durch die Substitution S in sich selbst übergehe, so dass, wenn $w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3$ den transformierten Ausdruck $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$ bedeutet,

$$N\left(\frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3}{\theta \,.\, M'_k\, M''_k}\right)$$

identisch ist mit f; also

$$N(w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3) \text{ identisch mit } N(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3).$$

Bezeichnet man das Verhältnis

$$\frac{w_1}{u_1} = \frac{w_2}{u_2} = \frac{w_3}{u_3}$$

mit k, so wird

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 = k\,(u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3),$$
$$N(k) = 1,$$

und man findet ganz in derselben Weise wie früher, dass k eine gebrochene Einheit $\frac{g(\omega)}{\theta_1}$ ist; und zwar muss der Nenner θ_1 ein Divisor von θ sein, denn enthielte er eine dieses nicht teilende Primzahl t, so ginge diese nicht in den Koeffizienten der Produkte

$$u_1\, g(\omega),\quad u_2\, g(\omega),\quad u_3\, g(\omega)$$

auf, wie man sofort sieht, wenn man beachtet, dass in

$$g(\omega) = a + b\omega + c\,\omega^2,$$

a und b durch t teilbar sind, c nicht, und dass in u_1, u_2, u_3 wenigstens einer der Koeffizienten a_1, a_2, a_3 nicht durch t teilbar

ist; somit wäre der Nenner θ für beide Formen nicht derselbe. Es lassen sich aber alle solchen Brüche $\frac{g(\omega)}{\theta}$ als ganze Potenzen eines derselben

$$\frac{g(\omega)}{\theta} = \left(\frac{H(\omega)}{\Theta_1}\right)^{\frac{\Theta_1}{\theta}}$$

darstellen. Man multipliziere daher $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$ mit $\frac{g(\omega)}{\theta}$ und reduziere. Ist der so erhaltene Ausdruck mit $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$ wieder identisch, so giebt die bei der Reduktion angewandte Substitution eine Transformation in sich selbst; ist er von $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$ verschieden, so multipliziere man wieder mit $\frac{g(\omega)}{\theta}$ und reduziere, und so fahre man fort, bis man auf einen mit $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3$ identischen Ausdruck gelangt, was nach höchstens $\theta\lambda$ Wiederholungen geschehen muss. Die Zusammensetzung der dabei angewandten Substitutionen liefert eine Transformation in sich selbst und zwar die Fundamentaltransformation, aus deren Wiederholung alle übrigen hervorgehen.

Ich führe hier noch die Litteratur der bis jetzt behandelten Beispiele von zerlegbaren Formen an:

1) Die klassische Theorie der binären quadratischen Formen.
2) Die binären quadratischen Formen mit komplexen Koeffizienten und Unbestimmten, als specielles Beispiel zerlegbarer biquadratischer Formen (Dirichlet, Crelle's Journal Bd. 24; Smith, Proceed. of the R. Society 1864).
3) Eisenstein, Allgemeine Untersuchungen über die Formen dritten Grades mit drei Variabeln etc. (Crelle's Journ. Bd. 28).
4) Abhandlungen von Eisenstein (Cr. J. Bd. 27) und Arndt über binäre kubische Formen.
5) Hermite, Extraits de lettres à M. Jacobi (Cr. J. Bd. 40).
   " Sur la théorie des formes quadratiques (Cr. J. Bd. 47).

Obwohl ich in vorstehender Arbeit bemüht gewesen bin, die Sache so zu behandeln, dass die unmittelbare Anwendbarkeit der Methode auf die allgemeinen zerlegbaren Formen, nachdem zuvor die allgemeine Theorie der komplexen Zahlen aufgestellt worden ist (worüber auf die oben angeführte Abhandlung von Herrn Selling verwiesen werden mag), unmittelbar einleuchtet, so sind doch der Natur des hier untersuchten speciellen Falles nach einige wesentliche Punkte ausgefallen. So die Theorie der ambigen Formen, weil hier von keiner Vertauschbarkeit der drei Faktoren die Rede sein konnte; ferner ist auch nur eine Fundamentaleinheit und demzufolge auch nur eine Fundamentalsubstitution für Transformationen in sich selbst aufgetreten. Erwähnen muss ich auch noch, dass schon im Jahr 1859 von Herrn Prof. Kummer in seiner bewundernswürdigen Abhandlung über die allgemeinen Reziprozitätsgesetze (§ 6) eine Arbeit von Herrn Kronecker über diesen Gegenstand angekündigt wurde, die aber meines Wissens bis jetzt leider nicht erschienen ist.

Soll ich noch angeben, welchen Teil der Abhandlung ich als neu, wenigstens meines Wissens noch nirgends publiziert, jedenfalls aber als ganz selbständige Arbeit betrachte, so ist es, nebst einigen Entwicklungen in Abschnitt I und II, hauptsächlich Abschnitt III; indessen lege ich eher Gewicht auf die dargelegte Behandlungsweise als auf die gewonnenen Resultate.

Endlich möge der Drang der Umstände häufige Unebenheiten in Darstellung und Ausdruck einigermassen entschuldigen.

Zürich, 2. April 1870.

Ueber Moorausbrüche.

Von

Jakob Früh.

Vor sechs Jahren erschien von Klinge[1]) eine verdankenswerte, zusammenfassende Darstellung und zugleich eine neue Erklärung dieses fast rätselhaft erscheinenden Phänomens an der Hand von neun Beispielen. Die Veranlassung zu dieser Abhandlung gab der Moorausbruch vom 28. Dez. 1896 bei Killarney in Irland und dessen Untersuchung durch eine Specialkommission der R. Dublin Society, deren Bericht mir als Separatum vorliegt[2]). Meine Darlegungen werden aus zwei Gründen nicht ganz ungerechtfertigt sein. Einmal stützen sie sich auf ca. 30 Fälle. Dann war ich — wie ein Vergleich sofort erkennen lässt — bemüht, stets auf die englischen Originalberichte zurückzugreifen statt auf oft mangelhafte Uebersetzungen oder Referate in deutschen Zeitschriften[3]). Als Typus behandle ich zuerst den „Ausbruch" von 1896, biete hierauf eine Analyse der bis heute bekannt gewordenen Fälle, wobei ich je nur die wissenschaftlich in Betracht kommenden Daten mit einheitlichen Massen[4]) anführe, und schliesse im dritten Abschnitt mit einer sich naturgemäss ergebenden Auffassung der Erscheinung.

---

[1]) Englers botan. Jahrbücher, Bd. 14, p. 426—461.

[2]) Report on the Committee etc. in Scient. Proceed. of the R. Dublin Soc. Vol. VIII (N. S.), Part V, No. 57, April 1897, mit 4 Textfig. und 2 Tafeln (Referat in der Times 16. Aug. 1897).

[3]) Auch an dieser Stelle verdanke ich aufrichtig Mrs. Fingland in Glasgow die Vermittlung mir sonst nicht zugänglicher Quellen.

[4]) Es wurden zu Grunde gelegt: 1 engl. Fuss = 0,3 m, 1 Yard = 0,9 m, 1 perch = 6 m, 1 engl. Acre = 0,4 Hekt.!

I. Der Ausbruch (bog-flow) des Gneevgullia- oder Knocknageeha-Moores (Rathmore) NE Killarney, Kerry Co., Irland, den 28. XII. 1896.[1])

a) Situation vor dem Ausbruch. Das nach dem Report l. c. etwa 3407 acres (1360 Hekt.) grosse, nach der One Inch Map kaum 100 Hekt. grosse Moor liegt auf der Wasserscheide zwischen Blackwater River im Osten und dem Ownacree River im Westen (Quagmire R. der Karte, Sheets 173 und 174), welch letzterer sich in den Killarney Lake ergiesst. Sein höchster Punkt wird auf 233 m ü. M. angegeben. Es ist von bis 20 m hohen und mit Kulturen bedeckten Hügeln umgeben, ruht auf Thon über der Kohlenformation und erweist sich nach Form und Zusammensetzung als ein ächtes Hochmoor, dessen zentrale Wölbung sich etwa 2 m über die Ränder erhebt. Die braune Vegetationsdecke besteht wesentlich aus dem weichen Polster von Sphagneen, vor allem Sphag. rubellum, mit Erica Tetralix, Calluna vulg., Scirpus caesp., Molinia varia, Narthecium ossifragum (dem Stellvertreter der Scheuchzeria pal. schweizerischer Hochmoore). Sie repräsentiert also ein Sphagneto-Ericeto-Scirpetum. (Mikroskopische Analyse siehe im dritten Abschnitt.) Der Teppich ist, wie üblich, unterbrochen von kleinen Moorteichen, Pfützen, Kolken, welche wie bei uns, in Norddeutschland, Skandinavien etc. vorherrschend von Sphag. cuspidatum Ehrh. var. plumosum erfüllt sind. Ab und zu graue Flecken von Racomitrium lanuginosum und Cladonia rangiferina. Eriophorum vag. soll fehlen. Denkt man sich die Sumpfföhre (Pinus montana var. uncinata) hinzu, so hätten wir das Bild eines voralpinen Hochmoors.

Andromeda polifolia und Oxycoccus pal. sollen nicht vorkommen. Das Moor ist also nicht aussergewöhnlich nass, immerhin nach Aussage der Umwohner erst in der Mitte des Winters durchquerbar. Es hatte nur eine geringe oberflächliche Entwässerung durch die für die Torfausbeute erstellten Gräben im NE, noch mehr im SW. Hier, im SW, zeigte sich zudem konstant

[1]) Report l. c., dann Cole in Nature Vol. 55, London 14. I. 97 mit 2 Fig.; Kinahan ib. 21. I. 97, auch abgedruckt in The Farmers' Gazette, Dublin 13. II. 97; Martel in La Nature, Paris 30. I. 97 p. 129; The Graphic 9. I. 97 mit Abb., englische Tagesblätter vom 29.—31. XII. 96 etc.

an der Oberfläche eine „wet vein", und in der Verlängerung derselben über den Rand hinaus beginnt der Carraundulkeen Streamlet, ein l. Zufluss des Ownacree River (s. Sheet 174). Das Moor hatte also an seinem SW-Ende eine natürliche, unterirdische Entwässerung! Hier, an diesem Rande, waren auch die meisten 1,2—3 m hohen Torfstiche, meist in Fronten senkrecht zur Entwässerungslinie. Bemerkenswert ist, dass dieses SW-Ende von den Torfstechern stets als feucht erkannt worden ist. Nach ihrer Aussage konnte man von oben her zunächst nicht mehr als 4 Torfziegel (Soden) abtragen, ohne einzusinken; erst wenn die Stelle etwas eingetrocknet, d. h. besser entwässert war, war es auch möglich, noch weitere 4 Soden auszubeuten und damit den Untergrund (clay) zu erreichen. „The edge of the bog was not firm; .... for the last few years, they could not cut deep in the bog; it had a habit of closing in" [1]).

b) Der Ausbruch erfolgte den 28. Dez. ca. 2—3 h. a. m. Direkte Beobachtungen über das Phänomen liegen nicht vor, insbesondere nicht über allfällige Erscheinungen vor dem Ausbruch. Jedenfalls widersprechen sich einschlägige Mitteilungen der Umwohner und sind dieselben ähnlich wie bei Erdbeben und andern Katastrophen nicht frei von Suggestion.

Nach dem Report l. c. p. 486 wollten ein Sergeant King u. a. schon einige Tage vorher „rumbling noises" vernommen haben. „Further it is certain that some of the peasantry were so alarmed by sounds, which they attributed to the „„banshee"", that the parish priest was sent for to pray with several families" (!). Die Nacht vom 27./28. Dez. war stürmisch; es fielen starke Regenschauer. Manche blieben daher wach (Cole l. c.) und ist es zu verstehen, wenn andere durch lautes Geräusch erweckt worden sein sollen. Mr. Mac Sweeney in Quarry Lodge, ca. 900 m unterhalb des Moores, schlief ungestört (Report 487). Wenn dem Ausbruch Geräusche und Erschütterungen des Bodens voran gingen, konnten sie höchst wahrscheinlich nicht bedeutend, jedenfalls nicht aussergewöhnlicher Art gewesen sein, sonst hätten die 8 Glieder der Familie Donelly, deren ca. 400 m unterhalb des Moores, auf der Westseite der Kingwilliamstownstrasse gelegenes

[1]) Beschaffenheit des Profils siehe III. Abschnitt.

Haus total hinweggefegt und samt Viehstand zerstört worden, nicht plötzlich ihr Leben verlieren müssen. Die im Schlammstrom verteilten Leichen waren nackt!

Zuverlässiges kennen wir bloss über den Schlammstrom und das Aussehen des Torfmoors nach der Katastrophe.

c) Der wasserreiche Schlammstrom bewegte sich vom SW-Rand des Moores in dem vom Carraundulkeen Streamlet durchflossenen Thälchen zunächst auf ca. 275 m bis zur Brücke der N-S ziehenden Kingwilliamstownstrasse mit einem Gefälle von 1 : 38, d. h. etwa 2 Grad (Cole), bedeckte die Strasse auf eine Länge von 400 m, zerstörte dann auf der Westseite derselben das 3 bis 6 m tiefer gelegene Haus der Familie Donelly, floss nach weiteren 315 m zum Teil als kleiner Schlammfall links in den alten Steinbruch des Kohlenkalkes an der Kreuzstrasse (old cross Quarry) und verstopfte 125 m weiter abwärts den Durchlass des Streamlet unter der E-W streichenden Killarneystrasse. Etwa 190 m tiefer stürzte der schwarze Brei zum Teil in den Steinbruch von Quarry Lodge, denselben auf 4,5—6 m erfüllend, um sich 2,1 km vom Moor entfernt, in das Hauptthal des Ownacree River zu ergiessen. Von hier bis zur Annaghbridge ist nach der top. Karte das Thal auf 3,1 km relativ eng, weshalb sich der Schlammstrom hier am höchsten und schnellsten bewegte. Bei der Brücke fliesst der Ownacree River in einem flachen Gelände von Moorwiesen und Matten. Notwendig entstand hier ein 800 m langer und ca. 540 m breiter Schlammsee. Nach ca. 6 km erreichte die Flut den Beheenagh River, kurz nördlich vor der Einmündung in denselben 1,8 m hoch in dem 9—15 m breiten Bett stehend und wenig südlicher, bei der Baraduff- oder Six mile Bridge 2,4 bis 3 m über dem 6 m breiten Bett des nun Flesk River genannten Gewässers; 17 km abwärts, nur 1,7 m vom Killarney Lake bei der Flesk Bridge, war der Schlammstrom nur noch 0,3 m tief.

Die Flut muss sich im allgemeinen ohne wesentliches Poltern, ohne das Donnern und Tosen eines Wildbaches fortbewegt haben; bei der oben erwähnten Annaghbridge wurde ein Haus auf 1,5 m vom Schlamm umflossen; zwei Heuschober, welche an der Rückseite des Gebäudes aufgeschüttet waren, wurden weggeschwemmt, die Insassen erwachten aber erst „by water pooring in“. Die

Hausthüre konnten sie wegen des gewaltigen Druckes von aussen nicht öffnen, so dass ihnen nichts übrig blieb, als sich durch die Fenster zu retten und durch die 1,5—1 m tiefe Schlammasse zu waten. Ein Landwirt, welcher hart am Flusse wohnte (die Lokalität ist nicht näher bezeichnet), erzählte Prof. Cole, dass er erst durch das Brüllen der Kuh erwachte. Ein anderer, der in der Nähe von Annagh Bridge um ca. 4 h. a. m. zwei Kälber für den Markt von Killarney abholen wollte, wurde von der Torfflut beinahe überrascht.

Ueber die morphologischen Verhältnisse des Schlammstromes wird man leider nicht unterrichtet. Eine Eigentümlichkeit zeigte sich durchweg. Die Schlammasse, mit Wurzeln von Birken und Föhren durchsetzt, war mit grössern und kleinern Rasenstücken (Stücke der Vegetationsdecke des Hochmoors!) inselartig bedeckt.

Die Flut soll an einigen Orten erodiert haben, z. B. ca. 800 m von Annagh Bridge auf etwa 1,8 m (grosse Geschwindigkeit!).

Sie hat ca. 120 Hektaren Land verwüstet.

Der Ausbruch war nicht ein augenblicklicher, sondern dauerte mit Unterbruch fünf Tage, vom Hauptausbruch am Montag Morgen bis zum folgenden Freitag. "The flow, which continued with constantly diminishing violence for the whole of the Monday, was not regular but intermittent, swelling, diminishing as fresh portions of the bog gave way, and slid downwards into the torrent. Every fresh outburst was accompanied by loud noises," von Umstehenden gleich Kanonendonner oder Donnerrollen empfunden.

Am 8. Januar 1897 war der Schlammstrom schon überschreitbar, also wesentlich entwässert, relativ konsistent.

d) Die Ausbruchstelle.

Versetzen wir uns an den Ursprung des Carraundulkeen Streamlet! Wir stehen am SW-Ende des Moores, vor den oben schon erwähnten 1,2—3 m hohen Torfwänden. Innerhalb der im übrigen unversehrten Profile ist eine 200 m[1]) weite Bresche als Mündung eines engen, trogähnlichen Kanals, welcher in den Aus-

---

[1]) „A furlong", sagt der Text, d. h. $^1/_8$ engl. Meile oder 20 perches.

bruch führt. Wir kommen in eine ovale, schalenförmige Vertiefung, deren in der Richtung des Streamlet ziehende grössere Achse 1400 m misst, die kleinere Querachse nur 1000 m.

Zahlreiche, mit Schlamm erfüllte Randspalten umgürten die Vertiefung[1]), deren innere Ränder zunächst steil, dann flacher abdachen, bis zu dem ca. 8,4 m unter den Rändern des Moors gelegenen Boden, auf dem man am Südende an einigen Stellen den nackten Untergrund („gravel") sah; der Boden zeigt eigentlich dasselbe Bild der peripherischen Spalten, d. h. abwechselnd Rasenstücke, Torfbrei, nur in verminderten Proportionen, indem letzterer am Rande etwa 1/3 des Areals einnimmt, am Boden aber doppelt so viel als die Rasenstücke. Am Boden liegen beide nur 1,5—2,4 m hoch aufgeschüttet.

Die Oberfläche des Moors ist nicht mehr gewölbt, eine Thatsache, welche schon ein Beobachter am Montag Mittag konstatierte. In dem Masse, als der Torfbrei herausfloss, sank auch die Rasendecke nach. Da die Wölbung vorher 2,1 m betrug, beläuft sich die Gesamttiefe der Ausbruchstelle in der Mitte auf 10,5 m!

Das Einsinken der Hochmoordecke hatte noch eine andere Erscheinung zur Folge. Im NE des Moors bestanden für die Torfausbeute Abzugsgräben nach dem Blackwater R. mit einem Gefälle von 1 : 40. Diese Kanäle sind nun so geknickt, dass ihre ganze obere Hälfte mit demselben Gefälle nach SW, d. h. gegen die Ausbruchstelle zu entwässert.

II. Uebersicht über bekannt gewordene Moorausbrüche.*)

a) Irland.

1) Vor 1640 war nach Ueberlieferungen ein Moorausbruch bei Clogher Tyrone C° (W. Lough Eneagh) nach Kinahan in Nature resp. Farmers Gazette l. c.

2) 1697, Juni 7., ca. 7 h. pm. Ausbruch des Torfmoors Kapanihane bei Charleville C° Limerick. Nach dem beigelegten

---

[1]) Nach einer von Herrn Prof. Sollas, Mitglied des Komitees, gütigst erhaltenen Profilskizze der Ausbruchstelle stimmt die staffelartige Anordnung der Spalten genau mit entsprechenden Erscheinungen eines Erdschlipfes überein.

*) Die mit Stern bezeichneten sind bereits von Klinge angeführt.

Croquis (p. 716) war es ein schwach geneigtes Moor, an dessen Fuss zunächst auf 63 m Breite Matten, dann eine Hecke und hierauf ein 44 m breiter Streifen Weideland sich ausbreiteten. Von hier an durchwanderte man 170 m Moor bis zu einem Hügel (turfy hill). „Ein aussergewöhnlich nasser Frühling verursachte ein merkwürdiges Anschwellen des höheren Teils des Moors um jenen Hügel; das ganze Moor wurde endlich durchfeuchtet, besonders die tieferen Teile". Vor dem Ausbruch vernahm man ein unterirdisches Geräusch, welches von einigen mit dem Donnerrollen verglichen wurde. Das Moor kam in Bewegung „like waves". Nach dem Plan zerrissen sowohl Moor als Weideland in wellenförmig sich nach unten bewegende Stücke, wodurch die Hecke zerstört und das Mattland auf eine Höhe von 4,8 m mit torfiger Masse aufgeschüttet wurde. Der erwähnte Hügel sank zusammen. Das Gelände bestand oberflächlich aus zahlreichen parallelen Spalten, welche langgestreckte Rasenstücke voneinander trennten [1]).

3) 1708. Das Castlegarde Bog, C° Limerick, ca. 1609 m lang, 400 m breit und an einigen Stellen 6 m tief „moved along a valley" auf viele km, zerstörte Strassen, Brücken, 3 Häuser mit 21 Insassen (getötet?) und ergoss sich endlich in den Lough of Coolpish [2]).

4) 1712, März 10. Moorausbruch bei Clogher, Tyrone C° (siehe oben Nr. 1) [3]).

5) 1745, März 28.* (Old Style) ca. 11 h. a. m. beobachteten Torfstecher in dem Moor Addergoole, $2^1/_2$ km von Dunmore in Galway C° bei sehr schwüler Witterung über sich „a sudden and alarming gathering of the clouds". Darauf folgte ein wolkenbruchartiger, etwa eine Stunde dauernder Regen und dann eine Bewegung eines 4 Hekt. grossen Stückes des seitlich von dem River of Dunmore gelegenen Moores, wodurch zunächst

---

[1]) W. Molyneux Esq. in Philosophical Transactions XIX 1697 p. 714 bis 716 mit Skizze auf p. 716.

[2]) Nach Dublin Evening Telegraph 2. Jan. 1897, cit. im Report of the Committee l. c., mir nicht zugänglich gewesen.

[3]) Nach Kinahan in Nature etc. l. c. soll hievon eine wissenschaftliche Mitteilung von dem Bischof von Clogher existieren.

12 Hekt. Weideland verwüstet, der Fluss zu einem 240 Hekt. grossen See gestaut wurde, welcher sich bald durch Eingriff des Menschen auf 44 Hekt. reduzierte [1]).

6) 1788, März den 30. ergoss sich aus dem 600 Hekt. messenden Moor zwischen Dundrum und Cashel in C° Tieppray nach vorausgegangenem, anhaltendem unterirdischem Geräusch, eine Art Lavastrom, der sich in der Richtung gegen Ballygriffen und Golden bewegte, viel fruchtbares Land verwüstete, alles, was sich ihm entgegensetzte, vernichtete, unter anderm 4 Häuser; zahlreiche Bäume wurden entwurzelt. Der Ausbruch soll nach dem 30. fortgedauert haben; wie lange, ist nicht angegeben [2]).

7) 1809, Dez. 16. Während eines Gewitters brachen in der Nacht ca. 8 Hekt. des Torfmoors von Rine, am Camlin River, C° Longford an verschiedenen Stellen auf, durch Spalten von vielen Ruten (à 6 m) Länge und 0,7—3 m Breite, welche Spalten meistens mit dem Fluss parallel liefen, während kleinere auch senkrecht zu demselben standen. Fluss und Moor wurden auf 1—1,2 m über das normale Ufer gestaut. In wenigen Stunden waren durch den Schlammstrom 68 Hekt. Land verwüstet. „The bog had been an unusually wet one. It did not sink in any particular place“ [3]).

8) 1819 Januar. „A mountain tarn [4]) burst it's banks and heaving the bog that confined it, it came like a liquid wall a-down“, zerstörte die Häuser eines kleinen Dorfes und

---

[1]) On account of the moving of a bog and the formation of a lake etc. by Ralph Ouseley Esq. in Transactions of the R. Irish Academy (Science) Vol. II 1788 (read Oct. 1787!) p. 3—5 mit einer Skizze. Klinge l. c. citiert hiefür den Passus in Bronn, Handbuch einer Geschichte der Natur Bd. II, 3. Teil 1843 p. 498 lautend: „Ebenso wurde 1745 in Gollway in Irland die Moosdecke eines Moors durch starke Regengüsse emporgehoben, fortgerissen und auf einer Wiese wieder niedergesetzt“. Bronn giebt keine Quelle an. Unser Original spricht nur von „10 acres floating as it were after them (hinter den fliehenden Torfstechern!), till it subsided at last upon a piece of low pasture“.

[2]) Nach Gentleman's Magazine LVIII, 1788 p. 355, cit. im Report, nicht eingesehen.

[3]) Nach Edgeworth, App. 8 to 2nd Report of Bog Commission, pag. 176, 1811, cit. im Report l. c., mir nicht zugänglich gewesen.

[4]) Tarn sind kleine, nach J. E. Marr meistens durch Moränen abgedämmte Seen. (Quarterly Journal of Geol. Soc. Vol. 51, p. 35—46 mit Fig. und Vol. 52, p. 12—16.)

führte deren Trümmer und die Leichen durch das Owenmore Valley, Erris, C⁰ Mayo hinunter in die Tullohan Bay (siehe Stieler, Handatlas). Als Kinahan (l. c.) das Moor 1875 besuchte, fand er nur eine sehr schwache Vertiefung, welche an und für sich nicht mehr an die grosse Katastrophe hätte erinnern können [1]).

9) 1821, Juni 19.* Grosser Ausbruch des Moores von Kilmaleady, 3 km N Clara, King's C⁰. Clara liegt 10 km NW der Stadt Tullamore, wornach das Ereignis durchweg in der deutschen Litteratur angeführt ist. Da gerade die letztere absolut ungenaue Beschreibungen giebt, dagegen sehr exakte von dem berühmten irischen Berg-Ingenieur Griffith vorliegen, will ich diesen Fall etwas ausführlicher behandeln [2]).

Situation. Nach der Karte von Griffith befindet sich das etwa 200 Hekt. umfassende Moor in einer Drumlinslandschaft; denn die vielen Hügel bestehen aus „limestone gravel" (der Bericht ist datiert 16. Juli 1821, aber erst 1858 gedruckt worden!), unter den Mooren ist blauer Thon und die Schrammen des ehemaligen Eises laufen NW—SE nach Kinahan und Closes map of the general glaciation of Ireland (Journal of the R. Geol. Soc. of Ireland Vol. I, new serie 1866). Der Thon ruht auf „cavernous limestone rock containing subterranean streams". Das Moor ist ein typisches, wesentlich aus Sphagneen aufgebautes Hochmoor, stellenweise 12 m mächtig, mit steilen Rändern und einer Wölbung von 6 m über die letzteren. Es wird als das nasseste Moor be-

---

[1]) Nach Otway, Sketches in Erris and Tirawley 1841 p. 14, cit. im Report.

[2]) Griffith, Report to the moving bog of Kilmaleady etc. in Journal of the R. Dublin Society, Vol. I, p. 141—144, 1858 mit einer trefflichen Karte in 1 : 31680.

Der Report of the Committee l. c. bringt das Wesentliche aus diesem schönen Berichte, datiert aber fälschlich den Ausbruch auf den 26. Juni statt „on the 19th day of June". Klinge l. c. citiert in extenso den sehr mangelhaften Bericht in Leonhard, Mineralogisches Taschenbuch XVII, 1821 p. 862 ff. Noch schlimmer ist das Citat in Bronn l. c. p. 497 („Fulamore"), in Lesquereux, Untersuchungen über die Torfmoore im allgemeinen, deutsche Ausgabe von A. v. Lengerke, mit Bemerkungen von Sprengel und Lasius 1847 p. 165; in Senft, die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen etc. 1862 p. 102; hier nach Walchner, Handbuch der Geognosie 1. Aufl. (siehe auch 2. Aufl. 1846, p. 345—346) und Senft in Leunis, Synopsis 3. Teil, 2. Abt. Geognosie 1876 p. 57.

zeichnet. Die aussergewöhnliche Trockenheit des Jahres 1821 gestattete am Südende des Moors einen Abbau in Wänden von 9 m bis auf den blue clay. Die Profile zeigten von oben nach unten:

2,4—3 m rotbraunes, schwammiges Sphagnetum.

Allmählich breiartiger Torf.

Zu unterst „a black mud“.

Dieses südliche Ende stösst an ein mooriges Thal. Hier erfolgte der Ausbruch, indem die unteren breiartigen Schichten aus den Torfwänden herausquollen, so dass die oberen Partien zerrissen und als Rasenstücke auf dem Schlammstrom abwärts getragen wurden. Zunächst folgte die Flut auf gut 2 km dem nach SE sich öffnenden Thälchen, staute sich dann an dem Hügel Lisanisky (Drum?), wurde hier nach Griffith's Karte um ca. 40—50 Grad gegen W abgelenkt, um sich auf ca. 2,5 km in dem Bett eines l. Zuflusses des R. Brusna zu bewegen, und in letzteren zu ergiessen (siehe Stieler, Handatlas). Bald nach dem Lisanisky Hill staute er sich zum Entsetzen der Bewohner an der Kilbride-Strassenbrücke, bis durch künstliche Ableitung des Wassers grössere Gefahren beseitigt wurden. Später erfolgte noch einmal ein Unterbruch an einer etwas tiefer gelegenen Brücke.

24—32 Hekt. guten Landes wurden 1,8—3 m hoch mit der torfigen Masse bedeckt, die im übrigen stets dasselbe Bild zeigte: Eine schwarze, langsam fliessende Masse mit grünen Raseninseln von 0,6—3 m Länge, welche teils aus der Vegetationsdecke des eingestürzten Moors bestanden, teils aus Rasen der Wiesen, welche stellenweise abgeschürft oder auf mehrere Fuss Tiefe aufgewühlt wurden.

Im Moor selbst zeigte sich ähnlich wie am Ownacree River (1896) eine ovale, bis 9 m tiefe Hohlform mit einer Längsachse von 2400 m und einer Querachse von 400 m, daher „valley of eruption“ genannt. Längs der steilen Ränder befand sich ein System konzentrischer Spalten, welche fast bis oben mit Wasser erfüllt waren.

10) 1821, Juni 26. Nach dem Report of the Committee l. c. p. 492, erfolgte an diesem Tage laut Zeitungsberichten ein Ausbruch des Südendes „of the bog of Ballykillion or Kilnalady“ bis auf eine Tiefe von 7,5 m, begleitet von einem dumpfen

Geräusch. Die Masse bewegte sich das Thal hinab mit einer Front von 180 m, einer Mächtigkeit von ca. 2,4 m, einer mittleren Geschwindigkeit von „2 yards an hour“, d. h. 0,5 mm! Das Ausfliessen soll mehr als einen Monat gedauert haben. Nach Griffith's Karte liegt ein Ort Ballykillin am Ostrand des von ihm beschriebenen Moors und etwas nördlich von Kilmaleady. Ich vermute, dass Kilnalady das korrumpierte Kilmaleady ist, (bei Kinahan Kilmalady!) und dass es sich um einen Nachbruch vom 19. Juni 1821 handelt, gleich wie ein Erdbeben von ein bis mehreren kleineren Beben, sog. Nachbeben, befolgt ist. Leider habe ich keine Anhaltspunkte, um die Frage definitiv beantworten zu können.

11) 1821. Ungefähr um dieselbe Zeit (Juni 26.?) soll nach dem Report of the Committee l. c. p. 493 das Moor von Ferret, etwa 25 km NE „Kilmaleady“ stark bewegt worden sein, „boiling up to a great height“ [1]).

12) 1821, Sept. hörte man in Joyce Country, C° Galway auf einem mit Getreide bepflanzten und von mehreren Familien bewohnten, 40 Hekt. grossen Stück Land ein donnerähnliches Getöse; dann wurde die Erde erschüttert („convulsed“) und gegen das Meer zu bewegt, hinter sich eine Wüste lassend [2]).

13) 1824, Dez. 22. Von dem 32—40 Hekt. grossen Moor von Ballywindelland, Coleranie, C° of Londonnerry (Ballyroindallow nach Kinahan l. c.) bewegte sich ein Teil während mehreren Tagen in ein benachbartes Thal mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1 cm [3]).

14) 1831, Jan.* Nach einem plötzlichen Tauwetter (Schneeschmelze) löste sich nach Lyell [4]) von dem Moor zwischen Bloomfield und Geevah, C° Sligo, ein 40 Hekt. grosses Stück los und bewegte sich als schwarze Flut und mit der Heftigkeit eines

---

[1]) Cit. vom Report l. c. nach Census of Ireland for the year 1851, part. V, Vol. I 1856, p. 189—190.

[2]) Cit. im Report nach Census ib. p. 90 (190?).

[3]) ib. p. 198.

[4]) Nach Lyell, Principles of Geology, 10th ed., Vol. II p. 504, in extenso im Report l. c. p. 493, bei Klinge nach der deutschen Uebersetzung 1835; Citat in Bronn a. a. O. p. 498 nach Lyell's Principles II 218.

Stromes über Acker- und Wiesland, sowie sumpfigen Boden, welch letzterer stellenweise in weiten, tiefen Rinnen aufgewühlt wurde. Eine Strasse ist auf 90 m Breite zerstört worden.

15) 1835, Sept. 17.—28.* Ausbruch des Fairloch-Moss, einem Abschnitt des ca. 44 qkm grossen Moorgebiets „Sloggan" C⁰ Antrim, 11 km von Ballymena[1]). Erster Ausbruch: Nachdem das Moor am 17. Sept. allmählig convex angeschwollen, bis zu 9 m über die Umgebung, hörte man den 17. um 5 h p. m. ein Geräusch, ähnlich einem Windstosse, dann Sinken des Moores „for several feet" und Ausbruch eines Gemisches von Rasenstücken, Schlamm und Wasser, das sich sehr langsam abwärts bewegte, aufgehalten durch Gräben, Hecken etc.

In der Nacht vom 18. auf den 19. blieb die Masse ziemlich stationär. Das Moor schwoll abermals an; man vernahm wieder ein Geräusch ähnlich starkem Wind, worauf am 19. 12 bis 1 p. m. der zweite Ausbruch erfolgte; der Schlamm bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von 1 mm abwärts, bis er am 21. durch Gräben und Hecken ebenfalls zum Stillstand gebracht war.

Am 23. ca. 3 h p. m. begann der Torfschlamm sich plötzlich rasch zu bewegen „wie ein Rassenpferd". Ein Haus wurde auf 3 m umflossen, Strassen zerstört, am 25. der Fluss Maine durchquert, gestaut (alle Fische tot!) und endlich gegen den 28. wurde der Lough Neagh erreicht. Der Strom hatte sich zugleich erschöpft. Seine ganze Länge betrug 1,2 km, seine Breite ca. 225 m und die grösste Mächtigkeit des Schlammes 9 m; 28 Hekt. Land wurden verwüstet.

An Stelle der Wölbung fand sich nachher ein 3 m tiefer Teich, der an solche Vertiefungen erinnerte, wie sie beim Erdbeben in Calabrien 1793 gebildet wurden.

16) 1840, Jan.* Ausbruch des 3 m mächtigen, auf gelbem Thon ruhenden Moores von Farrendoyle, Kanturk, C⁰ Cork. „The pent-up water undermined a prodigious mass of bog, and bore it buoyantly on its surface". Die dadurch entstandene

---

[1]) Nach Hunter in Magazine of natural History etc. Vol. IX, London 1836, p. 258—261, verkürzt im Report l. c. p. 493—494, in extenso bei Klinge nach Uebersetzung in Leonhard, N. Jahrb. f. Min. 1837, citiert in Poggendorffs Ann. d. Physik, Bd. 9, 1836, p. 515, Bronn a. a. O. p. 497, Senft l. c. p. 102 und 103.

„Lawine" zerstörte 400 m der Strasse von Kanturk nach Williamstown, ein Haus und verwüstete 8 Hekt. Wiesen [1]).

17) 1853, 3. Jan. Katastrophe durch „a motion of bog" in Enaghmore, Irland [2]).

18) 1867. Nach Kinahan l. c. Ausbruch in Glen Castle Hills, Belmullet, Erris, C° Mayo.

19) 1870, Dez. 14, 9 h. a. m. Ein Moor, 8 km NE von Castlereagh, C° Roscommon, auf der Wasserscheide zwischen River Suck und Owenna-Foreesha (Zufluss von Lough Gara) und auf „cavernous limestone" ruhend, brach an einer 3,6—4,5 m hohen Torfwand aus und erzeugte einen Strom aus Wasser und Torf mit schwimmenden Rasenstücken, der sich im Bett des Suck 9—11 km abwärts bewegte, zum Teil 3 m hoch über Brücken fliessend und 62 Hekt. Kulturland verwüstend.

Die Ausbruchstelle im Moor war länglich („a valley"), ca. 800 m lang und 6 m tief [3]).

1871 (?). Clonagill, bei Birr, Kings C° (nach Kinahan in Farmers Gazette l. c.).

20) 1873, Okt. 1. Ausbruch eines stark gewölbten Hochmoors, 4,8 km E Dunmore, C° Galway, auf Kies ruhend und durch das Flüsschen Carrabel zum Dunmore River entwässert. Gegen den Carrabel zu war das Moor in 7—9 m hohen Torfwänden bis auf den Untergrund angeschnitten. „It was from this cutting that the outburst took place" und zwar so plötzlich und geräuschlos, dass ein daselbst Kartoffeln bauender Landwirt erst darauf aufmerksam wurde, als sich die braune Flut ihm langsam genähert hatte. Der Schlammstrom bewegte sich anfangs relativ schnell, später und zwar während 11 Tagen sehr langsam durch das Thal des Dunmore River, wodurch

---

[1]) Nach Freeman's Journal 3. Januar 1840, cit. im Report. Bei Klinge in extenso nach Ausland, ein Tageblatt für Kunde des geistigen und sittlichen Lebens der Völker, Stuttgart 1840, p. 83, das selbst dem Echo du Monde Savant 8. I. 1840 nachgeschrieben, „welches wiederum obenstehende Schilderung einem englischen Blatte enthebt".

[2]) Hadyn's Dictionary of Dates and Universal Information, London 1881, sub „Bogs".

[3]) Report to the Board of Public Works, by Mr. Forsyth, 26. u. 28. I. 1871, cit. im Report.

3 Häuser zerstört und 120 Hekt. Land 1,8 m hoch überschüttet worden sind.

Im Moor selbst war eine 400 m lange Vertiefung, die an der breitesten Stelle ebenso breit war und durch einen 6—7,5 m tiefen Graben nach aussen mündete. Die Ränder waren von konzentrischen, ganz mit torfigem Schlamm erfüllten Spalten begleitet [1]).

21) 1883, Jan. 25. Ausbruch eines Moors bei Castlereagh, zwischen den Dörfern Moor und Baslick, C⁰ Roscommon [2]). „Das Moor, durch dauernden Regen angeschwellt, erhob sich zu einer beträchtlichen Höhe; plötzlich brach die zähe Moosdecke, welche es hielt, auseinander [3]) und ein schwarzer Strom mit einer Geschwindigkeit von 22 cm floss südwestlich zum River Suck, nach kurzem Intervall seinen Lauf fortsetzend: 1600 Hekt. Land bis auf 4,5 m überschüttet, 3 Häuser zerstört. Interessant ist die Bemerkung bei Röttger [4]): „Der Erdrutsch bei Castlereagh setzte am 31. Jan. seine Bewegungen fort, während der Moorgrund bei Baslick, der sich vor einiger Zeit ebenfalls in Bewegung gesetzt hat, an mehreren Stellen zu bersten anfängt.“

22) 1883, Jan. 30. begann das Moor bei Newtownforbes C⁰ Longford zu wandern, „covering turf and potatoes“ [5]).

23) 1890, Jan. 27. bis Febr. 1. Ausbruch eines Torfmoors in Loughatorik North, in den Slieve Aughty Mountains, C⁰ Galway, nahe der Wasserscheide und ca. 90 m über dem Ballinlough Lake, in den das Moor durch ein Flüsschen entwässert wird. Durch einen Felsenhügel wird es in einen oberen 28 Hekt. grossen und einen unteren 6 Hekt. umfassenden Teil getrennt, welch' letzterer einen Moorteich enthielt. Nach einem Schneefall trat am 24. Jan. plötzlich Tauwetter ein und am 27. begann sich der untere Teil zu bewegen, auszubrechen, wodurch der See entleert wurde. Drei Tage später erfolgte der „Aus-

---

[1]) Nach Report to the Board of Public Works by Mr. Forsyth, 31. Okt. 1873, cit. im „Report“ l. c. p. 495.

[2]) Freeman's Journal 27., 30. und 31. I. 1883, cit. im Report.

[3]) Bei Klinge in extenso nach Humboldt, Monatsschrift für die gesamte Naturw. 1883, p. 324.

[4]) Röttger, das Wetter und die Erde 1885, p. 159—160, cit. von Klinge.

[5]) Freeman's Journal 31. I. 1883.

bruch" des oberen Teiles, in welchem eine 3—4,5 m tiefe, flache Mulde mit Randspalten entstand. Der Schlammstrom war stellenweise 1,8 m dick; auf dem Flachland lagerte der dünne Brei über 40 Hekt. nur in einer Höhe von 0,3 m. Der Ballinlough wurde beinahe vollständig ausgefüllt mit Torf, Rasenstücken, Wurzelstöcken von Bäumen etc. [1])

24) 1895, Aug. 9. Das Dungiven-Moor, C° Derry ist ein Gehängemoor mit einer Böschung von 1 : 12 oder ca. 5 Grad und einer Tiefe von 3—9 m. „Where the burst occurred a small stream runs underground for about a quarter mile". Die Oberfläche des Moors war im übrigen ziemlich fest, so dass man Vieh darauf weiden konnte. In der Nacht war ein Gewitter, doch ohne bedeutenden Regen. Der Sommer war normal. Die Ausbruchstelle öffnete sich nach unten mit einer Bresche von 36 m Breite. Durch diese gelangt man in eine etwa 10 m tiefe, 90 m breite und 180 m lange Vertiefung. Durch den aus Wasser und Torf bestehenden Schlammstrom wurde ein Haus zerstört [2]).

25) 1896, Dez. 28. (siehe oben, Spezialbericht).

b) England.

26) ca. 1546. Grosse Verheerungen durch den Ausbruch des Chat Moss in Lancashire [3]).

27) 1772, Dez. 16.* erfolgte der durch Lyell [4]) bekannt gewordene Ausbruch des Solway Moss, Cumberland.

Nach Gilpin ist das Moor flach mit einem Umfang von 11 km, mit Gras und Binsen bedeckt, welche eine trockene Rinde bilden; aber es zittert unter dem geringsten Druck, da der Boden unsicher und halb flüssig ist.

Nachdem es durch starke Regen gleich einem grossen Schwamm mit Wasser gefüllt und zu einer ungewöhnlichen Höhe über das

---

[1]) Nach Report to the Board of Public Works, by Mr. A. T. Pentland, 24. XI. 1890, cit. im „Report" l. c. p. 496.

[2]) Information supplied by Mr. H. C. Moore, C. E., Dungiven (nach „Report" p. 496—497).

[3]) Hadyn's Dictionary l. c.

[4]) Lyell, Principles of Geol. 10th ed. Vol. II p. 503—504. Bei Klinge nach der deutschen Ausgabe 1835. Citate bei Bronn l. c. p. 498.

umgebende Land angeschwollen war, zerbarst es. Die torfige Decke schien für einige Zeit ähnlich zu wirken wie die Haut einer Blase, welche die Flüssigkeit innerhalb derselben zurückhält, bis diese selbst einen Ausweg erzwingt, als sich ein aus schwarzem, halbfestem Schlamm bestehender Strom ähnlich einem Lavastrom über die Ebene ergoss, einige Häuser zerstörte und 160 Hekt. Land auf eine Höhe von mindestens 4,5 m bedeckte. Die höchste Stelle des ursprünglichen Mooses sank auf eine Tiefe von ungefähr 7,5 m.

c) Schottland.

Nach einer freundlichen Mitteilung von Hrn. Prof. James Geikie in Edinburgh giebt es auch Moorausbrüche in diesem Lande. Keiner derselben ist aber je von wissenschaftlich gebildeten Personen untersucht worden. Einer der frühesten fand statt:

28) 1629, Dez. 26. „The bog occupied some gradually rising or gently-sloping ground. After a series of heavy rains it began to move and by and by flowed down the gently-slopes and covered many fields of well cultivated ground“ (Lokalität?).

d) Baltisches Gebiet.

Im Herbst 1763 soll sich nach Lasius „etwas ähnliches, jedoch in geringerer Ausdehnung“ (wie in Kilmaleady, siehe oben Nr. 9) in dem Strückhauser Moor, nahe dem Gute Treuenfeld im Grossherzogtum Oldenburg ereignet haben. Das mehr als 6 m tiefe Torfmoor ruht auf undurchlässigem Marschland. „Der Sommer war überaus nass gewesen und erklärt sich daher wohl die Erscheinung“ [1]).

Nach Klinge l. c. p. 443 „drohte vor einigen Jahren ein Hochmoor auf der Insel Dagö in Estland auszubrechen, was aber zum Glück unterblieben ist, weil wohl die hereingebrochenen Wassermengen nicht ausreichend waren, um einen vollständigen Ausbruch zu bewirken.

---

[1]) Lasius in Lesquereux, deutsche Ausgabe l. c. p. 165.

e) Die Falklands Inseln in Süd Amerika

besitzen zahlreiche, durch besondere Vegetationsgruppen charakterisierte Torfmoore, sowohl in Ebenen als den Gehängen der Hügel [1]). Von hier sind zwei Moorausbrüche beschrieben worden.

29) 1871, Nov. 29. (Sommer!) nach Mitternacht wurde ein Bewohner von Stanley-Harbour (Ostküste) durch das Bellen eines Hundes erweckt. Er glaubte, es sei eine Kuh in dem Garten und fand beim Nachsehen sein Haus auf mehrere Fuss Tiefe von einer schwarzen, fliessenden Torfmasse umgeben. Letztere kam von einem Hügel herab mit einer Geschwindigkeit von 1,7—2 m. Im obern Teil des Moores lagen auf eine Strecke von ca. 225 m Haufen von Torfstücken durcheinander. Im Moor selbst, auf dem Gipfel des Hügels, wo der Schlipf („the slip") seinen Anfang genommen, zeigte sich eine etwa 4 Hekt. grosse Vertiefung, deren Ränder von mit Wasser erfüllten Spalten begleitet waren.

Man arbeitete acht Tage erfolglos, um eine Drainage anzulegen und weiteres Unglück zu vermeiden. Die breiige Masse erfüllte den Graben von neuem [2]).

30) 1886, Juni 2. (Winter!) erfolgte plötzlich am gleichen Hügel hinter Stanley-Harbour, in dem gleichen Moor und nur 180 m westlich von der oben beschriebenen Stelle ein neuer Ausbruch. Ein halb aus Torf, halb aus Wasser bestehender Strom von 90 m Breite und 3,6—4,5 m Tiefe ergoss sich plötzlich in die Stadt und den Hafen und blockierte die Häuser. Ein alter Mann und ein Kind verloren das Leben. Man will die Ursache in dem ungewöhnlichen Regenfall während der vorhergegangenen Tage suchen, für den die Drainage, welche 1878 erstellt wurde, nicht ausreichte [3]).

III. Natur und Ursachen der Moorausbrüche.

Mit Recht verwirft Klinge die Annahme, dass das Sumpfgas Veranlassung zu Moorausbrüchen geben könne. Nie hat man etwas Aehnliches beobachten können, selbst das „Kochen des

[1]) Siehe Bericht der deutschen Polarforschung 1882—1883, p. 164 ff. W. Thomson, the voyage of the Challenger, the Atlantic Vol. II, p. 210 ff. G. Schulz, im Globus LX 1891, p. 186.

[2]) Quarterly Journal of the Geol. Soc. Vol. XXXV, Proceed. p. 96.

[3]) ib. Vol. XLIII, Proceed. p. 2.

Moores[1]) ist noch weit entfernt von unserm Phänomen. Es sind stets vereinzelte Stellen, wo das Gas ausströmt und gelegentlich Torfschlamm mit sich führen kann[2]).

Klinge betont die Analogie mit „Schlammausbrüchen im Allgemeinen und der Schlammvulkane im Besondern" und stellt folgende Theorie der Moorausbrüche auf:

„In der That sind die Moorausbrüche nur die Folge von zufällig unter ihnen stattgefundenen Erderschütterungen, Erdstürzen, Rutschungen u. dgl. mehr gewesen, wo als Folgeerscheinung plötzliche Wasserdurchbrüche von unten her das betreffende Moor in Mitleidenschaft zogen oder wo auch gleichzeitig flüssige Schlammassen sich plötzlich in das Moor ergossen und durch gewaltsame mechanische Zertrümmerung der Torfmassen sich mit diesen mengten, dieselben verflüssigten, mit diesen ausbrachen und weiter fort führten." Auf die unterirdischen Wasserergüsse wird das Hauptgewicht gelegt[3]).

Bevor ich hierauf eintrete, möchte ich darauf aufmerksam machen, dass sämtlichen mir zugänglich gewesenen Berichten über Moorausbrüche ein wesentlicher Fehler anhaftet. Sie berücksichtigen die morphologischen Verhältnisse entweder überhaupt nicht, oder dann sehr unzureichend. Es fehlen Aufnahmen in grossem Masstabe, sorgfältige Kartierung, eine Darstellung der topographisch-geologisch wichtigenFaktoren, Angaben über Grössen, Volumen, Höhenzahlen, über Böschungen, Natur und Struktur des Moors; es existiert kein einziges wissenschaftlich untersuchtes Profil und mangelt es an einer sorgfältigen Darstellung der Hydrographie. Der Suggestion, in welcher der Mensch schwach genug ist, stark zu sein, sind Thür und Thor geöffnet. Die von Klinge benützten Berichte sind nicht nur lückenhaft, sondern bisweilen entstellt. Das Beispiel von Strückhausen kann nicht gelten. Von unserer Zusammenstellung muss Nr. 12 als einfacher Erdschlipf gleich von Anfang an ausgeschieden werden. Nr. 2 erweist sich als typischer Schlipf eines Moor plus angrenzende Matten.

---

[1]) Senft, Humus etc. l. c. p. 106 und ib. in Gäa 1881 p. 173.

[2]) Früh, Torf und Dopplerit 1883, p. 47/48; Früh, Gasausströmungen im Rheinthal (Jahresber. der naturw. Ges. St. Gallen pro 1895/96, St. Gallen 1897.

[3]) l. c. p. 442, 444—448.

Nr. 21 umfasst wahrscheinlich Erdrutsch und Moorausbruch. Nr. 5 und Nr. 8 repräsentieren besondere Fälle von Moorausbrüchen; der erstere ein seitliches Abrutschen eines Moors in einen durch den Schlipf gestauten Fluss, der letztere ein von einem Wasserschwall angegriffenes erodiertes Moor.

Trotz dieser Differenzen können wir an der Hand der sieben besten Darstellungen vom morphologischen Standpunkt aus bei einem typischen Moorausbruch zwei Teile unterscheiden: Die Ausbruchstelle und den Schlammstrom samt Ablagerungsgebiet desselben. Dies festhaltend, wird die Analyse am besten gelingen.

A. Ausbruchstelle oder Ausbruchgebiet.

a) Lage derselben mit Bezug auf das ganze Moor. Sie liegt stets an dem einen Ende, dem „unteren Ende" des Moors, da wo häufig eine natürliche Entwässerung stattfindet, oder oberflächlich eine nasse Stelle („wet vein") zu beachten war. Contra Klinge l. c. p. 447 ad. 6 wird sie nie als central beschrieben, sondern in unmittelbarem Contakt mit dem Anfang eines Thales.

b) Was die Form betrifft, so stimmt sie nie mit den gebräuchlichen Ausdrücken „Ausbruch", „eruption" überein, d. h. sie ist nie kraterförmig und sie ging nirgends tiefer als bis zum Untergrund des Moores; nur zu Nr. 25 (1896, 28. Dez.) wird speziell bemerkt, dass man an einzelnen Stellen den nackten Untergrund sehen konnte. Sehr zu beachten ist die zweiachsige Gestalt der entstandenen Hohlform mit einer Längsachse in der Richtung der Gefällslinie des anstossenden Thales und einer Querachse und dann der Umstand, dass die Ausbruchstelle mit ihrem untern, tieferen Ende zusammenfällt mit einer Torfwand, z. B.

Nr. 9: 9 m Wand, dann Hohlform mit 2400 m Länge auf 600 m Breite.

Nr. 19: 3—4,5 m, dann 800 m langes „valley".

Nr. 20: 7—9 m Torfwand, dann birnförmige Vertiefung, 400 m lang, und im Max. ebenso breit.

Nr. 25: bis 3 m Wand, dann Hohlform von 1400 m auf 1000 m.

Nr. 24: auf eine 36 m breite Bresche eine Vertiefung von 180 m auf 90 m.

Nr. 23: „flache Mulde."

c) Von hoher Bedeutung sind nun noch zwei Eigenschaften der Ausbruchstelle. Erstens ist sie von peripherischen, mit Wasser und Torfschlamm erfüllten Randspalten begrenzt (N. 9, 20, 23, 25, 29) siehe Note p. 5; ferner haben wir nur einen einzigen Bericht, dass die Hohlform nachher mit Wasser teichartig erfüllt gewesen. Von dem jüngsten Ausbruch wird nichts entsprechendes mitgeteilt, auch nicht, dass etwa seither eine Quelle, ein vermehrter Wasserabfluss existiert. Dagegen wird ausdrücklich contra Klinge p. 451 ad. 14 beschrieben, dass Wände und Boden der Ausbruchstelle mit Rasenstücken und Torfschlamm bedeckt waren. Kinahan nennt die Hohlform „gulch“ [1]) d. h. Graben, Bach, Wildbach und betont, dass sie in der Regel in 1—2 Jahren durch die Vegetation wieder so verfestigt werde, dass man sie begehen könne.

Lage, Form und Beschaffenheit der Ausbruchstelle charakterisieren dieselbe als Abrissgebiet eines Erdschlipfes.

Für diese Auffassung muss ein doppelter Beweis geleistet werden: eine bestimmte Neigung, ein Gefälle und dann die Thatsache eines relativ leicht beweglichen, mit geringer Reibung versehenen Untergrundes des Moors, damit beide combiniert die Adhäsion auf der Unterlage überwinden lassen.

d) Neigung des Moorgrundes.

Auf dieselbe haben schon Bronn l. c. p. 496 und Senft (Humusbildungen etc. p. 101—102 und Gäa 1881 p. 173, ferner in Leunis, Synopsis p. 56 und 57) aufmerksam gemacht.

1) Die Lage der Ausbruchstelle (siehe oben) spricht für ein bestimmtes Gefälle.

2) Die Natur der Moore. Es sind Hochmoore, meist auf Wasserscheiden, mit gewölbter Oberfläche und oft ziemlich steiler Abdachung (Nr. 9, 20, 25; vergl. Senft l. c. und Lesquereux [2]).

---

[1]) Gulch, in England Gully, sind Runsen, Tobel, Einschnitte in die Gehänge. Auf der Specialkarte 1 : 31680 des Tenmile District (U. S. Geol. Surv., ed. 1896) in Colorado sind nicht weniger als 19 gulchs. to gulch v. = fressen; gulch s. = Vielfrass, Fresser!

[2]) Lesquereux, Originalausgabe von „Quelques recherches sur les marais tourbeux etc., Neuchâtel 1844, p. 199, schreibt: „élevés au-dessus des campagnes voisines“.

Nie findet sich die Angabe eines Flachmoors. Dagegen fanden Ausbrüche an unzweifelhaften Gehängemooren statt (Nr. 2, 28, 29 und 30) und finden sich für zwei Moore sogar Daten für den Betrag des Gefälles (Nr. 24 ca. 5° und Nr. 25 ca. 2°!). Endlich ist zu beachten, dass mit dem ersten Ausbruch oder besser Austritt von Material sogleich ein Gefälle entstehen muss und zwar ein beträchtliches, wodurch a priori die lebendige Kraft der bewegten Massen zunehmen muss. In dem Beispiel von 1890 stürzte der obere Teil erst am dritten Tage ein, in demjenigen von Nr. 25 verbreitete sich die Bewegung allmählig auf die Entwässerungsgräben des nordöstlichen Endes des Moors!

e) Ueber die Unterlage des Moors müssen zwei Betrachtungen angestellt werden, nämlich einerseits über den Untergrund als solchen, anderseits über die Beschaffenheit der untersten Torfschichten.

1) Ueber die Natur des Untergrundes giebt es nur spärliche Angaben: Nr. 9 Drift und blauer Thon, Nr. 16 gelber Thon, Nr. 20 Kies. Ebenso fehlen Mitteilungen darüber, dass das Moor sich samt dem Untergrund bewegt habe, mit Ausnahme der bereits erwähnten Nr. 12 und event. Nr. 21. Aus dem Umstande, dass nur für Nr. 25 stellenweise „nackter" Grund angeführt wird, muss in Verbindung mit den eben erwähnten Thatsachen geschlossen werden, dass die Beweglichkeit der Moore wesentlich in der geringen Kohäsion, in der Verschiebbarkeit ihrer untersten Schichten zu suchen ist und wir hätten die physikalische Möglichkeit an der Hand von Thatsachen zu konstatieren. Diese müssen in dem Bau der Moore, dem Grad der Vertorfung und der Imbibitionsfähigkeit der Materialien gesucht werden und wir können diese Verhältnisse am kürzesten in der Weise behandeln, dass wir auch hierin die zusammenfassenden Ansichten von Klinge einer Analyse unterziehen.

2) Gestützt auf seine reichen Erfahrungen giebt dieser Forscher zu, dass der Torf im allgemeinen von oben nach unten fortschreitend an Reife zunimmt, feiner zerteilt ist und ein höherer Grad von Plastizität der tieferen Schichten schon durch die weit verbreitete Bezeichnung „Specktorf" ausgedrückt ist. Mit Recht weist er auf die zahlreichen Ausnahmen, den Wechsel von stärker

und schwächer vertorften Schichten in einem und demselben Torfmoor, namentlich auf dem Festlande hin, welche durch veränderte hydrographische Verhältnisse, wechselnde Feuchtigkeit und damit veränderte Vegetationstypen hervorgerufen werden. Am reinsten trifft die progessive Vertorfung mit der Tiefe zu „unter sich stets gleichbleibenden Feuchtigkeitsverhältnissen, wie z. B. an niederschlagsreichen Westküsten unsers Erdteils". Das ist der Fall in Irland. Direkte Daten fehlen in den von Klinge benützten Beispielen. Allein man darf nur einen Blick auf topographische Karten werfen, gar auf Inseln wie Uist, Lewis etc. in Schottland, um sich von dem aussergewöhnlichen Reichtum der Moore zu überzeugen. Nach einer von der Regierung eingesetzten Kommission [1]) betrug das gesamte Moorgebiet von Irland 1814 nicht weniger als 2831000 Acres = 11450 qkm, d. h. mehr als $^1/_7$ des Gesamtareals; etwa $^1/_{48}$ des Areals sind Seen.

Jedermann sind Torfmoore als Wasserreservoirs bekannt; man weiss, wie namentlich die mit Hülfe von Sphagneen aufgebauten Hochmoore bei Regenwetter grosse Quantitäten von Wasser in sich aufnehmen können. Bronn, Senft und andere dachten sich nun dieses Wasser in die Tiefe dringend, wodurch die Plastizität des ganzen Moors zunehmen müsste. In diesem Falle, entgegnet Klinge, müsste man einen Ausbruch des ganzen Moors erwarten. In Wirklichkeit ist der Ausbruch lokalisiert. Er negiert eine grössere Imbibitionsfähigkeit des Torfs und damit der tieferen Torfschichten, namentlich gestützt auf die Thatsache, dass durch 1,8—4 m dicke Torfwände getrennte Moorteiche ungleiches Niveau zeigen (l. c. p. 436). Ein Ausbruch eines Moors erfordere eine vorausgehende Zertrümmerung der Torfmassen durch injizierte Wassermassen. Beweisend hiefür sollen drei Daten sein: Die beim Ausbruch fortgeschwemmten „Torfschollen" und schwimmenden Rasenstücke als Bruchstücke der Moordecke, dann der Umstand, dass das Volumen des Schlammstroms dasjenige der Ausbruchstelle überwiegt, was auf Addition grosser Wassermassen hinweist, und endlich die Thatsache, dass der Schlammstrom relativ schnell trocknet, was nicht der Fall sein könnte, wenn das Wasser als

---

[1]) Nach Kinahan, a Handy Book on the Reclamation of waste Lands, Ireland; Dublin 1882 p. 120.

Imbibitionswasser vorhanden gewesen wäre. Wir glauben gestützt auf unsere Materialien all' diese Argumente nicht bestätigt zu finden.

aa) Klinge kann aus den Gebieten mit Moorausbrüchen keine direkten Daten für seine Thesen anführen. Die allbekannte Thatsache, ein Moor durch Drainage trocken legen zu können, beweist die Permeabilität des Torfes genügend. Ungleiche Niveaux benachbarter Moorteiche beweisen nicht den Mangel, sondern nur eine Differenz der Durchlässigkeit der sie trennenden Torfmassen.

bb) Der Report of the Committee hebt die breiige Beschaffenheit der unteren Torfschichten hervor (p. 501 und 502). Das einzige Profil, welches in den Berichten mitgeteilt wird, (19. VI. 1835, Kilmaleady!) spricht schlagend für eine macerierte, breiartige Torfmasse unmittelbar über dem Untergrund.

cc) Die Berichte von Torfstechern (Nr. 25) geben einen deutlichen Beweis für die feine, plastische Konsistenz der unteren Schichten. Nach einer von Herrn Prof. Sollas freundlichst vermittelten Skizze zeigt das Torfmoor an der Ausbruchstelle folgendes Profil:

0,3—0,45 m Vegetationsdecke.

6—9 m Torf, nach unten gradweise stärker zersetzt mit Einschlüssen von Wurzelstöcken in den tieferen Teilen.

Dünne Verwitterungsschicht.

Sandstein der Kohlenformation.

dd) Herr Prof. Close in Dublin gab sich die Mühe, mir eine Torfprobe von den Torfwänden an der Ausbruchstelle (Nr. 25, 1896) zur mikroskopischen Untersuchung zu verschaffen. Ich fand:

α) Der frisch schwarz aussehende, fein zerteilte und sehr plastische Torf schrumpfte beim Trocknen auf $1/5$ des ursprünglichen Volumens ein, war also sehr plastisch und reif.

β) Frisch untersucht, zeigte der Torf keine Spur einer mechanisehen Zertrümmerung [1]), also nicht das Bild des feinsten Torfmulls, sondern eine Zerteilung durch fortgeschrittene Vertorfung und zwar, wie ich aus einer 15jährigen Erfahrung sprechen darf, einer Vertorfung unter Gegenwart von reichlichem Wasser. Der Torf selbst muss sich unter sehr feuchten Verhältnissen gebildet haben, da Reste von Sphag. cuspidatum Ehrh. häufig vorkommen. Die Verdickungsfasern der Torfmoose sind in der Regel zerstört. Im Uebrigen besteht der Torf vorherrschend aus krümeligen Teilen von Sphag. papillosum Lindb,

[1]) Verschiedene Umstände verhinderten eine zuverlässige Entnahme von Proben aus dem Schlammstrom, um auch hier Mangel an Mineralzufuhr und an mechanischer Zertrümmerung nachzuweisen.

Sphag. cusp. Ehrh., Resten von Sphagnumstämmchen, Bruchstücken von Eriophorum vag., Epidermis von Calluna, Borke von Betula, krümeligen Teilen von Hypneen, relativ viel Pollen von Vaccineen nebst Blütenstaub von Betula, Alnus, Picea, Sporen von Sphagneen und Filices. Es fehlen unter den Chitinteilen nicht die charakteristischen Hochmoor-Tönnchen, dann dunkle Mycelien der Hochmoore. Dürfte ich nach dieser Probe allein urteilen, so wäre das Moor von dem Typus eines Sphagneto-Ericeto-Eriophoretum. Der Torf ist rein, enthält nicht mehr Mineralsplitter als die reinsten festländischen Hochmoore.

ee) Für eine breiartige, gequollene Konsistenz der unteren Torfschichten sprechen folgende Thatsachen:

Nach Julius Schmidt in Olmütz[1]) wurden im Torfmoor von Beel bei Eutin in Oldenburg Gruben, „welche man abends ausgestochen hatte, am andern Tag wieder von unten her durch neue Torfmassen erfüllt." Aehnliches ist mir aus dem Hochmoor von Bouleyres bei Bulle im Kanton Freiburg mitgeteilt worden. Nach Junker[2]) folgt im oberen Nilgebiet auf eine neunmonatliche Trockenperiode die Regenzeit, „wodurch die schwarze Humusdecke gleich einem Brotteige aufgeht." Gärtner und Agronomen kennen das Aufsaugungs- und Retentionsvermögen des Humus. Die Imbibitionsfähigkeit des Torfes erinnert ganz an diejenige des Thones. Grundmoränenlehm von Rapperswyl am oberen Zürichsee aus feinstem Schluff von 0,0076—0,0009 mm Korn und Einsprenglingen von 0,11—0,15 mm bestehend, zeigte ein Schwindmass von $3^1/_3$! Getrocknet quillt er wieder auf. Beim Bau der rechtsufrigen Zürichseebahn blähte er sich so auf, dass die Techniker fast ratlos waren. Aehnliche Fälle im Kleinen und Grossen sind dem Landwirt, dem Kulturtechniker, dem Ingenieur aus unsern Moränenlandschaften nur zu gut bekannt.

ff) Die Frage, ob lediglich eine Durchtränkung des Torfmoors von oben oder nur von unten her stattfinde, ist nicht exclusiv zu beantworten. Beides trifft thatsächlich zu.

α) Sicherlich wird das Grundwasser von unten und den Seiten und das Regenwasser am tiefern Rande der Hochmoore eindringen mit mehr oder weniger Druck, welcher aber durchaus nicht mit dem für Injektionen erforderlichen im Sinne von Klinge zu intentifizieren ist.

[1]) Zeitschrift der d. d. geol. Ges. VIII, 1856, p. 494.

[2]) Junker, Reisen in Afrika. I, 135.

Ratzel[1]) beschreibt so schön die „Wampen" oder schwingenden Moordecken aus dem Zellerthal (bayr. Alpen), unter denen sich zur Zeit der Schneeschmelze oder nach starkem Regen so viel Wasser ansammelt, „dass bei zufälliger Verletzung, auch nur durch Einsteckung des Bergstockes die Torfgrasnarbe zerreisst und das Wasser hoch hinaufspringen lässt." In Wauwil Kt. Luzern, bildeten ehedem ähnliche Rasen das „Zittermoos". Das Moos von Solway (Nr. 27) muss teilweise ähnlich beschaffen sein. Man kann daher ohne weiteres, ohne zu Quellergüssen Zuflucht zu nehmen, verstehen, wie nach anhaltendem Regen, überhaupt in nassen Jahrgängen, Moore „anschwellen" können (wie in Nr. 2, 15, 21, 27); berichtet doch schon Dau[2]) von dem Sierslev-Moose: „Das Moor ist ringsum von wenig hohem, aber doch über das Moor erhabenem Ackerlande eingeschlossen, zwischen welchem früher durchaus kein Abschlussgraben sich fand. Wenn nun mit dem Beginne des Frühjahrs der Schnee und das Eis rings umher schmolzen: so sammelte sich das Wasser davon in diesem Moore, dessen Masse dadurch, wie ein Schwamm, bedeutend empor getrieben wurde, und welches wegen dieser Menge Wassers auch nicht eher begraben (abgebaut!) werden konnte, als bis durch die bey uns gewöhnliche Trockne" . . . . im Juli oder August.

β) Die irländischen und schottischen Moore sind häufig „peat-moors" [3]) oder shaky bogs", d. h. die Vegetationsdecke der Hochmoore ist nicht geschlossen, sondern zwischen inselartig zerstreuten Kolonien (Bulten) von Haidekräutern mit Sphagneen liegen zahlreiche schwarze Flecken offenen Torfgrundes gleich ausgetrockneten Kolken schweizerischer Hochmoore oder den Rhynchosporeta-Lycop.-innundatum-filzen derselben. Nach Kinahan (Nature l. c.), dem trefflichen Kenner der irischen Moore, können diese Flächen ganz rissig werden und in Schollen sich abschuppen. Kommt später Regen- oder Schneewasser hinzu, so werden zuerst die tieferen Torfschichten, zuletzt die obersten durchtränkt. Dauert die Wasserzufuhr an, so sammelt sich das

---

[1]) Jahrb. des D. Ö. A. 1886, p. 411.
[2]) Ueber die Moore Seelands, 1829. p. 30.
[3]) Hunter l. c. nach Jameson, Geology of the Shetlands Islands.

überschüssige Wasser zu Moorteichen an (loughaun, die in einer späteren Trockenperiode wieder ganz verschwinden können). Das Moor schwillt wie ein Schwamm an. Ist es gesättigt, so besteht es gleichsam aus einem tieferen Schlammsee, welcher von einer filzigen Decke eingeschlossen ist. Zerbricht diese, so hat man ein „bursting bog", überfliesst dagegen das Moor von jenen schwarzen Stellen aus, so entsteht ein „walking bog", ein wanderndes Moor.

Es kann somit kein Zweifel darüber bestehen, dass die Torfmassen sowohl von oben als unten durchtränkt werden können lediglich durch die Hydrometeore, dass in ihren tiefen Lagen eine breiartige, leicht verschiebbare Masse vorkommen kann, gleich dem gefürchteten Triebsand, dem Schleimsand der Brunnenmacher, Tunnelbauer, Techniker, welche ganze Flächen gleichsam schwimmend unterteufen („schwimmendes Gebirge" der Bergleute; siehe Katastrophe von Schneidemühl in Posen).

f) Es ist unnatürlich, zu grossen, zufällig mit hohem Druck unter die Moore einstürzenden Wassermassen als Ursache der Ausbrüche zu greifen.

Gewiss existieren in Mooren Quellen, ebenso gut als an andern Erdstellen.

Gegen die Annahme sehr starker Quellen sprechen trotz des Wasserreichtums des Schlammstromes folgende Thatsachen:

1) Wenn die Ausbrüche durch unterirdische Ergüsse bedingt wären, dürfte man sie auch in Thälern und Mulden, in Flachmooren, ebenso gut als in Hochmooren erwarten. Nun beziehen sich sämtliche (Solway?) zuverlässige Beschreibungen auf Hochmoore, welche häufig Wasserscheidenmoore oder Gehängemoore sind.

2) Der Ausbruch würde sicher nicht immer oder vorherrschend am untern Ende des Moores, beim Beginn eines Thales, erfolgen, sondern dürfte an einer beliebigen Stelle erwartet werden.

3) Die Ausbruchstelle müsste mehr als in einem Falle kraterförmig sein. All' das trifft aber nach den bekannt gewordenen Beispielen nicht zu.

4) Klinge hebt hervor, dass in Irland die paläozoischen Kalke sehr verbreitet sind, welche zur Karstbildung mit unterirdischen

Quellen, zur Dollinenbidung etc. geneigt sind [1]). Zweimal (Nr. 9 und 19) wird der Untergrund speziell als ein von Höhlen und unterirdischen Flüssen durchzogener Kalkstein bezeichnet, auf dem der Thon (Gletscherschutt!) ruht. Allein, so bekannt es ist, dass Kalkregionen wenig, aber starke Quellen enthalten, ist nicht gesagt, dass dieselben nur dann und wann mit ausserordentlicher Kraft ausbrechen müssten. Es giebt zahlreiche Quellmoore, die ihre Entstehung wesentlich dem Quellreichtum einer Gegend verdanken — es sei nur auf die von Gruber [2]) beschriebenen Moore im Münchener Becken verwiesen oder auf diejenigen der Fontanili in der Poebene (cf. Penck, Morph. II 7) — aber gerade von diesen kennt man keinen Ausbruch. Es giebt Erdschlipfe, welche durch Quellen mit verursacht werden; es brauchen aber diese durchaus nicht von auffallender Stärke zu sein. Es ist nicht einzusehen, weshalb Quellen erst nach der Bildung eines Moors besonders stark fliessen sollten. Weshalb nicht auch vorher während Tausenden von Jahren? Weshalb 55 Jahre nach dem Ausbruch nie mehr? (siehe Nr. 8, p. 210). Dürfte denn nicht erwartet werden, dass die Stelle von Anfang an in pflanzengeographischer, thermischer und hydrographischer Beziehung besonders ausgezeichnet gewesen wäre, wie dies in der That bei den Moorquellen beobachtet werden kann? Gegen die Auffassung von Klinge sprechen die Ausbrüche auf den Falklandsinseln mit paläozoischen Schiefern, Quarziten und Sandsteinen. Auf den ersten Blick ist das geologische Argument für Irland sehr plausibel; allein es wird abgeschwächt durch die vielen andern Faktoren, welche thatsächlich Ausbrüche hervorrufen.

5) „Wenn irgendwie noch darüber Zweifel bestehen sollten, dass die Ursachen der Moorausbrüche nicht in gewaltsamen Wasserfiltrationen von unten her, sondern in andern Umständen zu suchen seien“, der wird von Klinge l. c. p. 453 auf den von Junghuhn beschriebenen, kraterförmigen Ausbruch vom Jahr 1838 in der Ebene von Ambarawa auf Java verwiesen

---

[1]) Vergl. Hull, palaeo-geolog. and geographical maps of the British Islands etc, Plates XXII—XXXV (Transact. Dublin Soc. N.-S. Vol. I).

[2]) Kirchhoff, Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde I 187, 195.

innerhalb „dünner, torfartiger, leichter Schichten von schwarzer Farbe“ [1]). Nach Verbeek et Fennema [2]) besteht jene Ebene aus quartären Ablagerungen zwischen hohen Vulkankegeln. Starke Ergüsse von Grundwasser sind hier leicht möglich. Die Forscher erwähnen übrigens die Erscheinung von 1838 nicht mehr. Ambarawa enthält noch einen grossen Sumpf Rawa Penning als Rest eines ehemaligen Sees. Bekannt ist dagegen die auf 52 km sich erstreckende Quartärzone östlich Semarang mit den zahlreichen, konstanten, lokalisierten Gas-, Petroleum- und Salzquellen und Schlammvulkanen, die fast alle Wasser aus dem tieferen Tertiär führen. Zwischen einem Moorausbruch und einem dieser Ergüsse besteht aber noch ein wesentlicher morphologischer Unterschied. Die Ausbruchstelle ist bei ersterem zweiachsig, die Spalten sind konzentrisch zum Bruchrand und die Schichten eingesunken. Bei den javanischen Ergüssen handelt es sich um eine kraterförmige Oeffnung, um radiale Spalten und aufgerichtete Erdschichten. Es sind zwei verschiedene Erscheinungen.

g) Die Angaben über unterirdische Geräusche, Getöse etc., welche vor oder während des Ausbruches wahrgenommen worden sein wollen, sind stets unbestimmt, sich oft widersprechend (Nr. 2, 6, 11, 12, 15, 25) wie bei Erdbeben. Wer jemals einen Erdrutsch beobachtet, einen Murgang hat verfolgen können, wird hierin übrigens allbekannte Reibungsgeräusche erkennen, die sicher zum Teil auf innere Zerreissung zurückzuführen sind, aber nicht, wie Klinge will, als Argument für die mechanische, feine Zertrümmerung der Torfmassen verwertet werden dürfen. Die geringe Kohäsion bestand vorher und ist das Resultat der energischen Vertorfung.

B) Der Schlammstrom.

Der grösste Teil der Beschreibungen ist je dem Schlammstrom gewidmet, nicht etwa seinen morphologischen und mechanischen Verhältnissen, sondern den Verheerungen, welche er anrichtet.

---

[1]) Junghuhn, Java etc., deutsche Ausgabe von Hasskarl, 1854, 3. Abteilung p. 299—300.

[2]) Description géologique de l'Ile de Java, Amsterdam 1896, Band I 301, II 1025, ferner Atlasblätter C VI—VIII in 1 : 200,000 und Bylage Blatt XV. Fig. 31.

a) Cole l. c. vergleicht ihn meines Wissens zum ersten Mal mit den Murgängen Tirols. Das ist im allgemeinen sehr zutreffend.

Der schwarze Strom, auf seiner Oberfläche Inseln von Rasenstücken (von der Moordecke) und da und dort kleine Wasserpfützen tragend [1]), bewegt sich in einem Flussthale abwärts (Nr. 3, 5, 7, 8, 9, 19, 25 etc.), endlich einen See oder das Meer erreichend (Nr. 8, 30), was schon Lyell l. c. p. 504 zu der Bemerkung veranlasste, dass auf diese Weise manche submarine Moore entstanden sein könnten.

b) Die Geschwindigkeit richtet sich nach dem Gefälle, dem Querschnitt des Bettes, der Beschaffenheit der Thalwände, der Konsistenz und dem momentanen Volumen der Torfmasse [2]), der Art und Zahl der Einschlüsse (Wurzelstöcke von Bäumen etc.). Es existieren einige direkte Angaben über die Grösse der Geschwindigkeit, z. B. für Nr. 10 ca. 0,5 mm per Sek., Nr. 13 ca. 1 cm, Nr. 15 ca. 1 mm, Nr. 21 ca. 22 cm und Nr. 29 ca. 1,7 bis 2 m!

c) Der Strom kann gelegentlich erodieren (Nr. 9, 14, 25), sei es Rasen, moorige Stellen oder ein Bachbett. Das ist aber an und für sich kein Beweis für den nur durch Injektion erklärbaren Reichtum an Wasser. Die nötige lebendige Kraft kann und wird ja ohnehin durch andere Faktoren in nicht geringerem Masse mitbedingt (Querschnitt des Thales, Gefälle, ursprüngliches Volumen, Einschlüsse etc.).

d) Der Strom selbst ist häufig intermittierend, entsprechend der Art der Ausbrüche, z. B. Nr. 25; im Fall Nr. 15 dauerte die Bewegung mit Unterbruch vom 17. bis 19. Sept. 1835; in Nr. 20 ca. elf Tage, in Nr. 25 fünf Tage; in Nr. 23 folgte der Ausbruch des oberen Teiles erst drei Tage später als derjenige des unteren. Diese Thatsachen dürfen aber meines Erachtens nicht als Zeichen wiederholter, unterirdischer Ergüsse betrachtet

---

[1]) Cole l. c. p. 256.

[2]) Von dem oben p. 225 erwähnten, mit Wasser vollständig gesättigten Grundmoränenschlamm goss ich eine Probe auf den obern Rand eines 6° geneigten, befeuchteten, glatten Brettes.

Der Strom legte nur 47 cm zurück, war oben 4—5 cm breit und $^{5}/_{4}$ mm dick, am Ende 3,5 cm breit und 1,5—1,75 mm dick.

werden. Wer einmal einen Erdrutsch verfolgen konnte, wird hierin vielmehr das Streben der Massen nach Gleichgewicht, nach einer Normalböschung in der Ausbruchstelle erkennen, ein Nachsinken oder Nachstürzen gleich den Nachbeben seismischer Erscheinungen (vergl. 26. Juni 1821!).

Die Betrachtung des Schlammstromes führt mit derjenigen über die Ausbruchstelle zu einem übereinstimmenden Ergebnis.

Die meisten Moorausbrüche sind typische Erdschlipfe, Rutschungen oder Murgänge; sie heissen in Irland bog slides oder bog slips, moving bogs, der Strom wird bogflow genannt, der Vorgang als solcher heisst häufig bursting of bog oder outburst (Report l. c. 497). Zu dieser Auffassung kommt man zwanglos durch die Analyse der bekannt gewordenen Fälle. Sie wird von Kinahan, Cole, dem Komitee, d. h. von sämtlichen, welche die Erscheinung an Ort und Stelle untersuchen konnten, geteilt. Jennings [1]) erinnert an den Vorgang bei Lawinen, an Felsschlipfe in Neu-Seeland und hält andere Erklärungsversuche wie durch Quellen, Verwerfungen etc. für überflüssig.

C) Momente, welche ein Moor zu einem Ausbruch prädisponieren oder Ausbrüche mehr oder weniger direkt auslösen.

Solche giebt es gewiss viele.

a) Alle Berichterstatter weisen auf die Witterungsverhältnisse hin; es erfolgte die Katastrophe nach plötzlichem Tauwetter, nach anhaltendem Regen etc. (Nr. 2, 5, 14, 21, 23, 28 — Geikie briefl. Mitt.). Nie sind genauere meteorologische Daten gegeben worden. Mit Bezug auf den letzten Moorschlipf vom 28. XII. 1896 gab mir Mr. G. J. Symons of the Met. Soc. in London in verdankenswerter Weise Materialien, nach denen ich (per Umrechnung) folgende Tableaux erhalten für die Station Killarney Woodlawn in Kerry:

Regen in cm. (Mittel)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
1882—1896	**17,27**	14,98	10,16	7,92	7,64	6,24	9,88	11.91	10.31	13,59	**15,01**	**16,76**	140.13
1896	7,04	7,83	16.95	4,05	0,72	7,21	15,35	9,73	**21,49**	10,64	3,94	19,44	124,39
Regentage 1896	12	16	28	15	8	19	21	18	26	23	11	23	220

[1]) The Farmers Gazette, Dublin 13. II. 1897.

Mit Ausnahme des Septembers ist das Jahr 1896 nicht feuchter gewesen als das Mittel 1882—1896; das Mittel Sept.=Dez. beträgt für 1882—1896 13,92 cm. = 68 %, für IX.—XII. 1896 mit 83 Regentagen 13,88 cm. Es gingen also dem Ausbruch nicht ausserordentliche Witterungsverhältnisse voran. Nicht ein momentaner starker Regenfall, aber anhaltende Niederschläge können Moorausbrüche begünstigen wie Erdschlipfe. Sie können an den warmen Westküsten Europas zu allen Jahreszeiten erfolgen.

b) Auslösend wirkt das seitliche Anschneiden eines Moors, speciell eines Hochmoors. Schon vor 15 Jahren schrieb Kinahan [1]), dass die meisten Moorausbrüche dadurch entstehen, dass das untere Ende des Moors weggeschnitten werde, sei es auf künstlichem oder natürlichem Wege. Schon oben wurde hervorgehoben, dass der untere Teil des Ausbruchs mit steilen Torfwänden zusammenfalle (Nr. 9, 19, 20, 25). Daraus ergiebt sich von neuem die Uebereinstimmung von Moorausbruch und Erdschlipf. Wo die Sihl bei Einsiedeln Kt. Schwyz das Moor angegriffen, stürzte es ein. In jedem grösseren, im Abbau begriffenen Moor kann man zuerst eine bauchige Erweiterung der Torfwände, dann einen Einsturz derselben wahrnehmen, welcher auf 20 m einwärts tiefe Spalten und Absenkungen erzeugen kann. Wo ein Fluss sich rückwärts bis zum Moor tiefer eingeschnitten, kommt dieses in Bewegung und wird mindestens zerklüftet. Ein schönes Beispiel hiefür bilden die ehemaligen, grossen Doppleritgänge am Ostende des Hochmoors von Gonten Kt. Appenzell [2]). Auch die Moore verhalten sich also unter solchen Verhältnissen genau wie ein Gehänge, dessen Fuss entfernt worden. Sie geraten in Bewegung, es erfolgen Rutschungen. Um sie zu verhindern, bedarf es der Stützmauern. Ein wunderschönes Analogon zum Aussehen einer Aussbruchstelle eines Moors bot die Senkung des Wasserspiegels im Lac de Bret NE Lausanne, Kt. Waadt. Durch Entfernung des Seitendrucks begann die Seekreide sich zu bewegen. Die Torfmassen im Hangenden zerrissen und das Becken füllte

---

[1]) Kinahan, a Handy Boock l. c. p. 83.

[2]) Die zahlreichen, im Frühjahr und Vorsommer Wasser führenden Spalten unserer Torfprofile sind oft auf die Ferne durch Bärte von grünen Algen gekennzeichnet.

sich mit parallelen Rasenstücken, welche durch hellen Kreideschlamm getrennt waren[1]; der letztere vertritt den schwarzen Torfschlamm der Ausbrüche in Irland.

In Hügelländern und Gebirgsländern mit Moränendecke oder mergeligem Untergrund erkennt man im Terrain eine Unzahl alter, typischer Erdschlipfe. Neue sind so häufig, eine alltägliche Erscheinung, dass sie als solche nie befremden. Alles fliesst gleichsam; eine „unruhige Welt“ sagen die Leute. Die Opfer, welche Staat und Private jedes Jahr zum Unterhalt von Stützmauern aller Art bringen müssen, sind in der Schweiz allein gewaltig. In den letzten 300 Jahren erfolgten im Apennin von Modena ca. 43 grosse Erdschlipfe (Frane) auf dem mergeligen Gebiete des eocänen Macigno. Derjenige vom 21. XII. 1896 umfasste ein Areal von von ca. 1,5 km Länge und 2 km Breite und zerstörte St. Anna Pelagosa[2].

Was die Moorausbrüche in Irland betrifft, so scheinen sie viel häufiger zu sein, als uns bekannt ist. Nach dem Report l. c. 497 müssen beispielsweise allem Anschein nach in der Umgebung des Dungiven Moors (Nr. 24) noch mehrere „similar slides“ stattgefunden haben und das merkwürdige an der Erscheinung ist nicht die Thatsache als solche, d. h. dass es Ausbrüche giebt, sondern dass sie nicht häufiger sind. Früher scheint dem Phänomen von Seite gebildeter Leute kaum Beachtung geschenkt worden zu sein. So soll der berühmte Gerrard Boate derselben nicht gedenken[3], obgleich er über die Entwässerung der shaky bogs ausführlich geschrieben hat. Manche Moore scheinen nach Zusammensetzung, Lage, Gefälle etc. mehr oder weniger disponiert zu sein, so dass sich dort Schlipfe wiederholen (vergl. in unserer Zusammenstellung 1640 und 1712, 1870 und 1883, 1745 und 1873, dann die zwei Fälle bei Stanley Harbour!).

---

[1] Bull. soc. vaud. des sc. nat. Bd. XIV. Procès verb. 462, 1875 und XXX Proc. verb. VII 1893. Besser sind die herrlichen Photographien!

[2] „Resto del Carlino“, Bologna-Modena Febr. 1897 (Extrablatt mit Illustr.; Notiz in Mitt. der geogr. Ges. Wien 1897, p. 263.

[3] Kinahan, Nature l. c.

D) Geographische Verbreitung.

Für die Erklärung der Moorausbrüche ist deren geographische Verbreitung, so weit sie bis jetzt bekannt ist, von nicht geringem Interesse. Sie fällt nicht zusammen mit dem Vorkommen grosser Moorgebiete überhaupt. Nach freundlichen Mitteilungen der Herren Prof. W. F. Ganong in Northampton Mass., W. M. Davis in Cambridge Mass., Dawson und Chalmers of the geol. Survey of Canada, Reusch in Kristiania, de Geer in Stockholm, kennt man das Phänomen weder im atlantischen Gebiet der Union, noch in Neu-Braunschweig und Canada, noch in Skandinavien und dem übrigen baltischen Gebiet. De Luc und van Hoff berichten nichts Entsprechendes. Relativ häufig sind sie in Grossbritannien und Irland, sowie den Falklandsinseln in Süd-Amerika. Die geologische Beschaffenheit, besonders reiche Quellen etc. bestimmen das Auftreten durchaus nicht, vielmehr topographische und klimatologische Verhältnisse und zwar vor allem die anhaltende, grosse Feuchtigkeit. Einmal ist die absolute Regenmenge besonders an den Westküsten des Inselreichs sehr gross. Sie, sowie die Regenhäufigkeit, Zahl der Nebeltage, Bewölkung (68 %!) etc. nehmen bekanntlich von W—E gegen die baltischen Lande rasch ab [1]). Der Regen fällt zu allen Jahreszeiten, und Sommertage in SW-Irland ohne Regen sind schon sehr günstige [2]); fügt man noch hinzu, dass die Gebiete mit Ausnahme der höheren Teile das ganze Jahr hindurch aper (ohne Schneedecke) sind, dass eine Trockenzeit gänzlich unbekannt ist, dass endlich selbst der Winter sehr milde ist, für die Westküsten Irlands 4,5—7° C über Null als Januarmittel, 3,5—4,5 für Schottland, so versteht man drei wichtige Erscheinungen: Die reiche Entwicklung von Mooren und zwar mit Hülfe von Sphagneen, die hochgradige Vertorfung derselben und die Abnahme der Zahl der Moorseen von Irland bis Russland (s. p. 227). „Die ganze Insel ist ein Moor mit Unterbrechungen", sagt der treffliche Kohl; die Gewässer sind braun; man könnte das Land nach den allgemeinen Farbentönen ebensogut die Rauchtopasinsel heissen statt Smaragdinsel.

---

[1]) Berghaus, phys. Atlas Nr. 38; A. Buchan in öst. Zeitschr. für Met. Bd. 18, p. 401; Renou, Isonephen.

[2]) Kirchhoff, Länderkunde von Europa (Irland p. 223).

Alle Gehänge und Felsen der Berge um Killarney sind „mit Torfmorast überlaufen“, . . . „ganze Gebirge mit torfiger Morast-Sauce übergossen“, . . . „die Felsenspalten mit Torf ausgegossen“ . . . entleerte kleine Seen gleichen einem „Riesentintenfass“ . . .; „man sieht, wie die Torfdecke hie und da vom Regen weggenommen oder verschoben wurde, und wie anderswo wieder hinter Felsenvorsprüngen solche rutschende Torfmassen stecken blieben“ [1]).

In Hochschottland sind die flächenreichsten Moore auf Plateaux mit veränderten klimatischen und biologischen Verhältnissen (siehe One Inch Map Sheets 39 Stirling, 31 Airdric). Nach Geikie sind sie grösstenteils ausreichend natürlich oder künstlich entwässert, durch Erosionsfurchen in eine schwarze Zeugenlandschaft mit kleinen Individuen zerlegt, welche vom Wind stark erodiert wird. Schon James Anderson [2]) bestätigt dies vor 100 Jahren für die Moore von Aberdeenshire, über welchen man schon aus der Ferne die grossen Staubwolken erkennen könne, welche der Wind ausgeblasen habe.

Neu-Braunschweig, Sachalin und Kamtschakka sind bekanntlich stark vermoort, aber kalt [3]). Allein, vielleicht werden sowohl von hier als andern Ländern der nördlichen Hemisphäre in Zukunft Moorausbrüche bekannt, nachdem sie nun des Charakters der „Eruption“, des „Speienden“ beraubt sind.

Die Voralpen der Schweiz haben oceanische Feuchtigkeit, allein nicht gleichförmig verteilt, kurze Vegetationszeiten, starken Temperaturwechsel. In unseren Mooren sind das Ganze senkrecht vernähende Cyperaceen und Gramineen vorherrschend (Eriophorum der Hochmoore!); die Konsistenz der Torfmassen ist daher bedeutend. Die Moore sind ausnahmslos innerlich von Spalten zerrissen, die allerdings zum Teil erst durch den Abbau entstanden sein mögen, aber zu grösseren Rutschungen der Moore allein kommt es nicht. Unsere Moore ruhen vorherrschend in Mulden, auf Wasserscheiden, und wo sie als Gehängemoore auftreten, sind

---

[1]) J. G. Kohl, Reisen in Irland. 1. Teil, Dresden 1843, p. 27, 28, 60, 282—285.

[2]) A practical treatise on Peat-moss, Edinburgh 1794.

[3]) Verhandlungen der Ges. f. Erdk. Berlin 1896 Nr. 1. Für Canada betont Dawson die Bestockung, d. h. Befestigung der Gehänge mit Wald (Briefl. Mitt. 28. Juli 1897).

sie meist gering entwickelt, durch Wurzelwerk verfestigt; sie gleiten nur mit dem Untergrund. Dollinen und Ponoren sind in unmittelbarer Nähe, ja zum Teil innerhalb mancher Hochmoore des schweizerischen Jura vorhanden. Nach der Quellentheorie dürften hier Moorausbrüche erwartet werden. Sie sind dort gänzlich unbekannt.

E) Ergebnisse.

Unsere heutigen Kenntnisse über Moorausbrüche lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

a) Natur der Moorausbrüche.

1) Es sind gleitend bewegte Erdmassen, Schlipfe („slides", „slips"), nicht „Eruptionen" oder „Ausbrüche", welche auf eine plötzlich wirkende, stossende, unterirdische Kraft hinweisen könnten.

2) Zwei unserer Beispiele sind in ihrer Gesamterscheinung wahre Erdschlipfe, d. h. gleitend bewegte terrigene Massen (Nr. 12 und Nr. 21?).

3) In einem Fall wird ein Teil eines Moors durch Hochwasser aus einem Bergsee mitgerissen (Nr. 8).

4) Moorteiche und damit fein zerteilte, breiige Torfmassen können überfliessen („walking bogs" nach Kinahan, selten!).

5) Die übrigen sind wahre Moorschlipfe (bog-slides), d. h. gleitend bis wälzend bewegte, wasserreiche phytogene Massen.

α) In zwei Fällen erfolgte eine seitliche Rutschung des Moors in einen Fluss (Nr. 5 und 7).

β) In der Regel erfolgt die Rutschung von dem einen, unteren Ende des Torfmoors in den Anfang eines entsprechenden Thales. Fälle 3—5 erzeugen schwarze, in der Regel dünn fliessende Murgänge.

b) Ursachen derselben.

1) Gewöhnlich ist ein Ausbruch das Produkt vieler Faktoren wie Art der pflanzlichen Zusammensetzung (Vorherrschen von Sphagneen), hochgradige Vertorfung der untersten Moorschichten, grosse Imbibitionsfähigkeit der letzteren für Hydrometeore inkl. Grundwasser, daher grosse Beweglichkeit derselben und enge Belastungsgrenze der Randpartien des Moors, dann Gefälle etc. Es kann daher für die Moorausbrüche nicht eine sich wesentlich auf einen Faktor stützende Theorie geben.

2) Klimatische Umstände einerseits, vor allem die Vertorfung beschleunigende wie Regenhäufigkeit und Regenmenge, starke Bewölkung, geringer Unterbruch der Mitteltemperaturen der Luft über Null im Winter sind förderlich, anderseits jede natürliche oder künstliche Verletzung an der Böschung der Moorränder (Torfstiche!).

3) Erdbeben, Ergüsse von Quellen, gelegentliche Verwerfungen sind in keinem Fall als primäre Ursachen erwiesen, aber selbstverständlich als mitwirkende Faktoren denkbar.

4) Die Analogie mit Schlammvulkanen ist nur bei den seltenen „walking bogs“ bis zu einem gewissen Grade zutreffend; im übrigen dürfen die Ausdrücke „Eruption“ und „Ausbruch“ durchaus nicht irre leiten.

5) Gewisse Gegenden sind durch das Zusammentreffen wesentlicher Bedingungen, z. B. b) 1 und 2 in erster Linie zu Moorausbrüchen prädisponiert. Es giebt Gebiete, wo sie eine gewöhnliche Erscheinung darstellen (Irland).

6) Eine sorgfältige, wissenschaftliche Untersuchung mit besonderer Berücksichtigung der morphologischen, anatomischen und hydrographischen Verhältnisse des Moors (Kartierung der Ausbruchstelle in 1 : 10000) ist in Zukunft dringend zu wünschen.

Mögen diese Zeilen, welche nicht nur kritisieren, sondern in erster Linie aufklären wollen, dazu anregen!

Juli 1897.

Biologische Beobachtungen an unsern Amphibien.

Von

H. Fischer-Sigwart in Zofingen.

I. Der Taufrosch. Rana fusca, Roesel.

Nach gesammelten Tagebuchnotizen.

Mit einer Tafel.

Einleitung.

Der Frosch im Volksglauben.

Der braune Grasfrosch hat in unserer Gegend keinen landläufigen oder Dialektnamen. Die Kröte nimmt im Volksglauben so viel Platz ein, dass der ihr „ähnliche" Taufrosch verschwindet, Es herrscht beim Volke eine grosse Verwirrung in Bezug auf diese beiden Lurche. Was bei ihm als Frosch bezeichnet wird, bezieht sich meistens auf den grünen Frosch, der sich den ganzen Sommer über im Wasser durch seine Stimme bemerklich macht, während der Taufrosch, namentlich ein grosses, fettes Weibchen desselben, in den allermeisten Fällen als Kröte angesprochen wird, und zwar nicht etwa nur von ungebildeten Leuten, sondern selbst oft von solchen mit akademischer Bildung. Es wird eben vielfach als lächerlich betrachtet, wenn sich jemand mit diesen Tieren abgiebt; auch macht sich gegen sie ein weitverbreiteter Abscheu geltend, und mancher, der in der „Saison" mit Wohllust Froschschenkel isst, fürchtet sich dann im Sommer vor einem fetten Taufrosch oder tötet ihn, in der Meinung, es sei eine Kröte.

Anmerkung der Redaktion. Obwohl der Verfasser die sehr ausgedehnte Litteratur ganz unberücksichtigt gelassen hat, stehen wir doch nicht an, die Resultate seiner langjährigen, sorgfältigen Beobachtungen zu veröffentlichen, die nicht nur Bekanntes bestätigen, sondern auch vieles Neue und Interessante enthalten. A. L.

Beschreibung.

Statt einer eingehenden Beschreibung soll hier nur erwähnt werden, dass die dunkelbraunen Flecken um das Trommelfell konstant sind in der Farbe und in der Form und ein Unterscheidungszeichen vom grünen Wasserfrosch bilden, das man auf ziemliche Entfernung hin sehen kann.

Die Grösse des Taufrosches ist je nach dem Alter sehr verschieden. Wenn ein solcher das erste Mal geschlechtsreif ist, was etwa in seinem vierten Lebensjahre eintritt, so misst er vom Kopf bis zum After höchstens 6 cm. Die am häufigsten vorkommende Länge ist 7—8 cm, bei einer Breite von 4—5 cm, über den Bauch gemessen, da wo er am breitesten ist. Ein Exemplar von 8 cm Länge ist schon zu den grossen zu rechnen und eines von 9 cm zu den seltenen.

Das Gewicht variiert sehr, je nachdem es ein Männchen oder ein Weibchen, ein fettes oder ein mageres Exemplar ist. Ausgewachsene Männchen gewöhnlicher Grösse wiegen 35—40 gr, ebensolche Weibchen 55—75 gr. Grosse Frösche von 100 gr Gewicht gehören zu den Seltenheiten.[1])

Aufenthaltsorte im Gebiete. Raubwirtschaft.

Die Lokalitäten, wo ich um Zofingen neben dem Terrarium, zur Kontrollierung der Beobachtungen in demselben, während mehr als 30 Jahren, namentlich aber von 1880 an regelmässige Beobachtungen anstellte, waren alle in frühern Jahren während der Laichzeit sehr stark vom Taufrosche frequentiert. Die Froschkolonien in denselben sind aber im Laufe der Jahre mehr und mehr zurückgegangen.

Früher waren seit Menschengedenken in den Feuerweihern der Gemeinde Zofingen keine Frösche gefangen worden, was zur Folge hatte, dass sie jedes Jahr ringsum mit einer grossen Masse von Fröschen und Kröten besetzt waren. Nach der Laichzeit bildete der Froschlaich ringsum im Wasser einen breiten, wolkigen, milchweissen Gürtel. Dann wurden sie während einiger Jahre zum Sammeln von Froschschenkeln verpachtet und im ersten Jahre der Verpachtung viele Zentner Frösche forttransportiert.

---

[1]) S. Anhang: Tabelle über Gewicht, Grösse und Farbe einiger Taufrösche.

Später wurde das Froschschenkelsammeln in diesen Weihern wieder verboten, aber die Froschschenkelsammler hatten sie nun einmal kennen gelernt und liessen sich durch das Verbot nicht so leicht abhalten, sondern trieben ihr Gewerbe heimlicher- und nächtlicherweise fort, so lange noch etwas zu holen war. So wurde der grössere Teil der Taufrösche der ganzen Gegend, die sich hier zum Winterschlafe und zum Laichgeschäfte zusammenfanden, vertilgt, und es kommen heute im Frühlinge nur noch eine sehr beschränkte Zahl an diese Stellen zum Laichen. Namentlich gehören hieher die beiden Feuerweiher: Haldenweiher und Bärmoosweiher. Im Brunngraben, einer Waldschlucht östlich von Zofingen befinden sich einige kleine Tümpel, wo zwar stets nur wenige Paare zum Laichen kamen, wo aber sehr gute Beobachtungen gemacht wurden.

Ich war seit einer Reihe von Jahren gezwungen, weiter entfernt gelegene Froschlaichplätze aufzusuchen, und fand einen sehr ergiebigen im Loohweiher, wo ich bis 1891 ähnliche Verhältnisse fand, wie in den Zofinger Weihern in frühern Jahren.

Aber auch hier kamen die Froschschenkelsammler zuerst heimlicherweise nachts. Dann wurde auch dieser Weiher 1891 verpachtet, und dadurch die Froschkolonie dezimiert. Mitte März 1891 sagte ein Fischer, der auf einem Holzflosse vermittelst eines Schöpfnetzes dem Froschfange oblag, aus, er entnehme dem Weiher täglich 1500 Frösche und löse für 100 Paar Schenkel 2 Fr. bis 2 Fr. 50 Cts.

Ende März sank die Ergiebigkeit bis auf 500 Frösche, und Anfangs April wurde der Fang, der einen sehr schönen Taglohn abgeworfen hatte, eingestellt. Seither wurde durch meine Bemühungen auch bei dieser Lokalität ein Verbot des Froschschenkelsammelns erlassen, und ich kann infolgedessen dort auch heute noch gute Beobachtungen machen.

Es wird leider allgemein beim Froschschenkelfang Raubwirtschaft getrieben. Nicht nur wird, um leichter zu den Fröschen zu gelangen, der vorhandene Laich zuerst herausgefischt und aufs Land geworfen, wo er verdirbt, sondern wo es möglich ist, wird das Wasser abgelassen, wobei der Fischer allerdings ein oder einige Male grosse Ausbeute bekommt. Allein die Frösche werden auf diese Weise so gründlich abgethan, dass dann für Jahre hinaus

keine mehr gesammelt werden können. Dies beobachtete ich namentlich bei einem weitern Weiher, dem Dalchenweiher bei Brittnau, den ich früher öfter besuchte. Er war damals mit Taufröschen und Kröten am besten besetzt. Da wurde er zu Fischzuchtzwecken verpachtet und vom Pächter zwei Frühlinge hintereinander entleert, und die Frösche gesammelt. Die Folge davon war, dass ich im Frühlinge 1894, am 25. März, wo das Laichgeschäft in vollem Gange hätte sein sollen, nur sechs Laichklumpen antraf und ein Männchen von Rana fusca, das auf einem Weibchen von Rana esculenta sass, ein trauriger und melancholischer Anblick gegenüber der Bilder heitern Tierlebens, die sich früher hier abgespielt hatten.

Vorkommen im Gebirge.

Der Taufrosch kommt im Gebirge von allen unsern Lurchen am höchsten vor. Ich traf ihn am Monte Prosa (Gotthard) noch bei 2500 m, am Frunthorngrat (Graubünden) noch höher. Auch laicht er noch in diesen Höhen, so im Sellasee, am Gotthard, während der grüne Frosch im Hochgehirge fehlt. Ich werde auf das Laichen im Hochgebirge noch zurückkommen.

Rana agilis.

Von den unserm Taufrosche zwei nahestehenden Froscharten, Rana arvalis, Nilss, und Rana agilis, Thomas, kommt erstere nur im Norden Europas vor, und es könnte für die schweizerische Hochebene nur letztere in Betracht kommen. Ich glaubte diese Art im Jahre 1890 am Born im Jura entdeckt zu haben, wo ich bei einer Quelle im April drei Stück und im Juni wieder zwei der fraglichen Frösche erbeutete. Es waren junge, etwa zweijährige Tiere, mit etwas langer, vorn rundlich spitzer Schnauze. Die sechste Zehe bildete auch, der Beschreibung gemäss, einen länglichen Wulst, und die Schwimmhäute waren unvollkommen und schienen mir nicht bis zur Spitze der Zehen zu gehen. Die Hinterbeine waren länger als der Körper. Die Tiere waren auch rascher in ihren Bewegungen und wilder als die Taufrösche meines Terrariums. Es fand sich aber bald, dass die Schwimmhäute bei genauer Beobachtung doch bis zur Spitze der Zehen

gingen und nur zwischen denselben stark ausgebuchtet waren, was sich aber mit zunehmender Grösse nach und nach verlor, sowie auch ihre anfängliche Wildheit. Es waren junge Taufrösche. Da ich im Gebiete Rana agilis auch seither nie auffinden konnte, so bin ich überzeugt, dass diese Art in der Zentralschweiz nicht vorkommt.

Das Laichgeschäft.

Rückzug im Herbst.

Der Taufrosch zieht sich im Spätherbste von seinen sommerlichen Aufenthaltsorten aus in die Nähe des Wassers zurück, um dann später den Winter unter Weiherborden, Weiden- und Erlenstöcken, selbst auf dem Grunde des Wassers im Schlamme zuzubringen, in den Winterschlaf versunken und den geringen Sauerstoffbedarf für die auf ein Minimum heruntergesetzten Lebensthätigkeiten durch Hautatmung aus dem Wasser aufnehmend. Da, wo noch viele Frösche vorkommen, kann man oft in der Nähe von Weihern im Herbste diesen Rückzug beobachten, der aber nicht in eigentlichen kompakten Zügen stattfindet. Es ist dies ein wesentlicher biologischer Unterschied in den Gewohnheiten zwischen dem Taufrosch und der gemeinen Kröte, indem diese letztere auch den Winter fern vom Wasser zubringt, da wo sie sich den Sommer über aufgehalten und gelebt hat, und erst im Frühlinge in gemeinsamem, kompaktem Zuge zum Wasser geht, um zu laichen.

Jeden Herbst konnte man zum Beispiel beim Bärmoosweiher, der im freien Lande offen daliegt, Frösche sehen, die, unterwegs immer nach Beute spähend und Insekten erhaschend, nach und nach, etappenweise, dem Weiher zuzogen. Als dieser im Jahr 1884 während des Winters (im Februar) entleert wurde, so kamen, als das Wasser sank, grosse Mengen Taufrösche unter dem Weiherbord hervor, die im Winterschlafe gestört worden waren. Als der Weiher tags darauf wieder mit Wasser gefüllt wurde, so verschwanden sie wieder in ihre Winterquartiere, denn die Temperatur war noch eine niedere und stieg nur am Tage wenig über 0°.

Die Froschschenkelsammler benützen diese Art des Überwinterns des Taufrosches, um sich schon im Spätherbst und wenn thunlich den ganzen Winter hindurch mit Fröschen zu versehen, indem sie mit allerlei Instrumenten ihre Beute aus ihren Schlupfwinkeln hervorziehen, eine Jagdart, die als eigentliche Raubwirtschaft zu bezeichnen ist.

Trotzdem dieser Herbstzug der Taufrösche zum Wasser nicht eigentlich zum Laichgeschäfte gehört, so musste er doch hier Erwähnung finden, als Analogon zum Frühlingszuge der Kröten zum Wasser, der wirklich zum Laichgeschäfte gehört, indem er nur zu dem Zwecke unternommen wird, um im Wasser den Laich abzusetzen; denn unmittelbar nachdem dies geschehen ist, ziehen sie wieder vom Wasser fort, um den Sommer fern davon zuzubringen.

Hervorkommen im Frühlinge.

Unser Frosch dagegen, dessen Laichzeit bei frostfreien Gewässern schon Ende Februar oder anfangs März beginnt, in kalten Wintern, wo die Gewässer gefrieren aber, sobald sich im Wasser eisfreie Stellen bilden, nützt seine Zeit besser aus, und es ist für ihn von Vorteil, wenn er den Winter schon im Wasser oder doch zunächst demselben, in vor Kälte geschützten Schlupfwinkeln zubringt. Er laicht an denselben Laichorten wie die Kröte, aber sein Erscheinen ist mehr von den Witterungsverhältnissen abhängig, als bei dieser, da die Kröten erst später zu ziemlich bestimmter Zeit, nämlich in den letzten Tagen des März oder in den ersten des April den Laichorten zuziehen.

In kalten Wintern, wo die Gewässer im Frühlinge lange zugefroren bleiben, können also die Frösche mit dem Laichen oft erst später beginnen als naturgemäss, anfangs März, und es kommt dann vor, dass sie nur wenige Tage vor den Kröten oder zugleich mit diesen beim Laichen angetroffen werden. In recht frühen, warmen Frühlingen dagegen sind die Frösche mit ihrem Laichgeschäfte oft schon fertig, wenn die Kröten erst angezogen kommen. Auch im Terrarium war es deutlich sichtbar, dass die letztern das Laichgeschäft erst später abwickeln, als die erstern. Bei beiden fiel hier der Beginn der Kopulation mit dem Hervorkommen zu-

sammen, währenddem im Freien die Frösche schon einige Tage im Wasser sich zeigen, ehe kopulierte Paare zu sehen sind.

Paarungsruf. (?)

Wenn im Frühlinge schon frühzeitig recht warme Tage eintreten, so hört man oft den Taufrosch schon vor seinem Hervorkommen in seinen Schlupfwinkeln, z. B. unter dem Weiherborde hervor, wohlige Töne ausstossen. Im Terrarium hörte man diese vorzeitigen Töne, ein wohlklingendes Murren, alle Frühlinge schon Anfangs Februar, weil dort durch Heizen die Temperatur immer auf etwa 10° C. gehalten wurde. Dieses durch Wärme hervorgerufene frühe Murren, war also ein Zeichen grossen Wohlbefindens und nicht ein eigentlicher Paarungsruf, ausgestossen, um die Weibchen anzulocken. Wenn im Freien in der Zeit, wo der Paarungstrieb sich regte, das Wasser ihres Leichortes eiskalt war und oft noch Eisschollen darin schwammen, so hörte man keine Stimme von ihnen, auch wenn sie sich schon in voller Paarung befanden, während, wenn die Sonne das Wasser dann recht durchwärmt hatte, man dieses Murren das mit dem Spinnen einer Katze etwas Gemeinsames hat, indem es, wie bei dieser, der Ausdruck der äussersten Behaglichkeit ist, recht lebhaft ertönen hörte, als Chor, der auf uns einen angenehmen Eindruck machte, namentlich, wenn er in einer warmen Frühlingsnacht in die Stille der Nacht ertönte. Es kann also ausnahmsweise wohl auch in einem Frühlinge vorkommen, dass wegen ungünstiger Witterung die ganze Laichzeit vorbei geht, ohne dass man das Murren der Taufrösche zu hören bekommt. Anderseits hört man auch während des Sommers und namentlich im Spätherbste einzelne bei schönem Wetter und aussergewöhnlich guter Stimmung diese Töne ausstossen.

Einwirkung der Temperatur auf das Laichgeschäft.

Es erscheinen also, wenn der Vorgang regelrecht und naturgemäss stattfindet, anfangs März (selten schon im Februar) zuerst einzelne Frösche im Wasser, dann nach und nach mehr, ohne dass noch eine Kopulation stattfindet. Nur dann kommen sie schon kopuliert zum Vorschein, wenn das Eis lange nicht weicht, und

sie so verhindert, zur rechten Zeit hervorzukommen. Erst nach einigen Tagen, wenn recht viele vorhanden sind, verbinden sich die Paare. Aber auch dann noch kann es vorkommen, dass zurückkehrende Kälte und Frost sie wieder zwingt, sich in ihre Schlupfwinkel zurückzuziehen, wie das z. B. im Frühlinge 1883 vorkam, wo schon Ende Februar einzelne Frösche und sogar kopulierte Paare vorhanden waren. Da kehrte im März der Winter mit seiner ganzen Härte zurück. Schnee bedeckte das Land, die Temperatur sank unter 0°, einmal sogar auf — 17,5° C. Die Weiher froren zu, und die Frösche wurden in ihre Winterquartiere zurückgetrieben. Erst Ende März wurden die Gewässer wieder nach und nach eisfrei, und am 29. kamen die Frösche wieder zum Vorschein und laichten nun erst, zu einer Zeit, wo andere Jahre die Laichzeit schon vorbei war.

Auch im Terrarium bewirkte die im Freien zurückkehrende Kälte, trotzdem dort geheizt wurde, dass die Tiere sich wieder zurückzogen. Die Ereignisse im Freien wirkten, trotzdem im Terrarium stets höhere Temperaturen vorhanden waren, durch diese hindurch auf die Tiere in diesem.

Es ist aus dem Vorhergehenden ersichtlich, dass die Kälte den Paarungstrieb zurückhält, oder den schon vorhandenen so herabmindert, dass trotz der Kopulation keine eigentliche Paarung stattfindet, kein Laichen eintritt. Die kopulierten Paare geraten durch sie in einen indifferenten Zustand. Die Lebensthätigkeit wird wieder, wie im Winter, herabgemindert, und sie warten ruhig ab, bis erhöhte Wärme eintritt, welche das Laichgeschäft wieder in Gang bringt.

Einwirkung von Wind auf das Laichgeschäft.

Nicht nur die Kälte aber bewirkt, dass sich die Taufrösche (und auch die Kröten) in ihre Schlupfwinkel zurückziehen. Auch der Wind, resp. der durch ihn entstandene Wellenschlag bewirkt dasselbe. Die kopulierten Paare begeben sich in die Tiefe, wobei das Weibchen fast die ganze Arbeit zur Fortbewegung verrichten muss. Während es 5—6 mal mit den Hinterbeinen die Ruderbewegungen macht, thut dies das Männchen höchstens einmal und eigentlich nur, um das Gleichgewicht nicht zu verlieren.

Indolenz des kopulierten Männchens.

Die Indolenz des Männchens in dieser Zeit geht so weit, dass es nicht einmal, um sich aus einer schlimmen Lage zu befreien, Anstrengungen macht. Ich fand im Frühlinge 1883 im Haldenweiher bei starkem Winde mehrmals kopulierte Paare, wo das Weibchen stark verwundet, einmal sogar tot war, also keine Arbeit mehr versehen konnte. Das Männchen that aber auch nichts, und so trieben diese Paare dem Ufer zu, gegen das hin der Wind wehte. Hier gingen die Wellen beständig über sie; aber trotzdem das Männchen hiedurch am Atmen verhindert wurde, lies es das Weibchen nicht los, that auch sonst nichts, um in eine bessere Lage zu kommen, und war, als ich es antraf, fast erstickt oder ertrunken.

Kopulation ausserhalb des Wassers.

In der ersten Zeit der Kopulation sieht man hie und da kopulierte Paare ausserhalb des Wassers. Dies geschieht hie und da, wenn die Wasserfläche durch starken Wind beunruhigt wird. Das Weibchen ist dann wieder der handelnde Teil und trägt das Männchen, das ruhig auf ihm sitzen bleibt, aufs Tockene. Es kann auch vorkommen, dass ein kopuliertes Paar aus irgend einem Grunde eine Wasseransammlung verlässt und in eine andere auswandert und hiebei auf dem Trockenen betroffen wird. Im Allgemeinen kommt es aber seltener vor, dass man kopulierte Paare auf dem Trockenen antrifft, als das bei der Kröte der Fall ist. Bei dieser bildet die Kopulation ausserhalb des Wassers die Regel, beim Taufrosch dagegen die Ausnahme[1]).

Beginn der Laichzeit in verschiedenen Jahren und an verschiedenen Stellen.

Aus dem bisher Mitgeteilten ist ersichtlich, dass die Laichzeit in den verschiedenen Jahren zu sehr verschiedener Zeit beginnen kann. Im Bärmoosweiher war das früheste beobachtete Datum der 26. Februar 1883, das späteste der 25. März 1892, die Dif-

---

[1]) Tabelle über das erste Erscheinen und die erste Kopulation des Taufrosches.

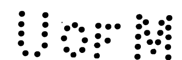
ferenz also ein ganzer Monat. Im Haldenweiher war diese sogar 1 ½ Monat. (26. Februar 1885 und 15. April 1891.)

Aber nicht nur in den verschiedenen Jahren ist der Unterschied im Beginn der Laichzeit ein bedeutender, sondern je nach der Lage und der Art des Wassers beginnt sie im gleichen Jahre an verschiedenen Laichstellen zu sehr verschiedener Zeit, wobei namentlich die Einwirkung der Sonne eine grosse Rolle spielt. In kleinen Wasseransammlungen erwärmt die Sonne das Wasser schneller und bietet den Fröschen daher eher Gelegenheit zum Laichen, als in grossen, mit kaltem Quellwasser. Aber bei grossen Wasseransammlungen macht die Lage in dieser Beziehung einen Unterschied. Im Looweiher fing das Laichen der Frösche stets viel früher an, als in den Zofinger Feuerweihern, weil er in sehr geschützter Lage liegt in einem nur nach Süden offenen, kleinen Thale, wo die Sonne intensiv einwirkt. Und beim Haldenweiher, mit unregelmässigem Zuflusse, entfaltete sich das tierische Leben entweder später oder früher, als im Bärmoosweiher, dessen Temperatur infolge eines starken Zuflusses von Quellwasser konstant war, je nachdem im erstern einfliessendes Schneeschmelzwasser die Temperatur des Wassers herunterstellte, oder, wenn kein solches einfloss, die Sonne das Wasser höher erwärmte.

Am frühesten fanden diese Vorgänge im Terrarium statt, nämlich stets Anfangs oder Mitte Februar. Dann folgten die kleinen Wasseransammlungen, die der Sonne sehr ausgesetzt waren, wie ein Wassergraben in der „Winterhalden“ von Oftringen, wo gewöhnlich schon Anfangs März Laich zu finden war, ebenso ein aus dem Abfluss eines Brunnens gebildetes Weiherchen beim hintern Loohof und andere mehr. — Erst später dann kamen die oben erwähnten Weiher an die Reihe. —

Dauer der Kopulation.

Vom Momente an, wo sich ein Paar verbunden hat, bis zu demjenigen, wo die Begattung stattfindet, indem das Weibchen den Laich von sich giebt, der von den Männchen gleich nach der Geburt oder auch später befruchtet wird, geht es mindestens einige Tage oft aber länger. Es hängt dies wieder von den Witterungs- und Temperaturverhältnissen ab. Bei günstiger warmer Witterung



kann das Laichen schon 3 Tage nach erfolgter Kopulation beginnen, bei schlechter, kalter Witterung erst nach 20—30 Tagen. Im Terrarium dauerte die Kopulation während 6 Jahren trotz der konstanten und im Vergleich mit dem Freien hohen Temperatur 6—23 Tage; im Freien konnten unter 15 Beobachtungen Perioden der Kopulation von 3—30 Tagen nachgewiesen werden. Im Durchschnitt dauerte sie im Terrarium 16 Tage, im Freien 12 Tage. Im Looweiher und bei andern günstig gelegenen Laichstellen war der Durchschnitt der Kopulationsperiode nur 9 Tage.[1])

Die Beobachtungen über die Kopulationsdauer im Freien konnten natürlich nicht so genau gemacht werden, wie im Terrarium, weil man nicht alle Tage nachsehen und daher Anfang und Schluss nicht genau festsetzen konnte. Die Witterung wirkte im Freien natürlich viel energischer ein, als im Terrarium, und die Kopulationsdauer variierte deshalb dort viel mehr, als hier.

Während der Kopulation findet beim Taufrosch die erste Häutung statt, und zwar stets im Wasser. Es soll dieser Vorgang später besprochen werden.

Begattung.

Gegen das Ende der Kopulation, wenn die eigentliche Begattung und das Laichen beginnt, hängen sich die überzähligen Männchen von allen Seiten an das Weibchen, nachdem der Widerstand überwunden, den ihnen das zuerst kopulierte Männchen durch energisches Abwehren mit den hintern Beinen entgegensetzte. Das scheinbar bedrängte Weibchen ist dann oft von allen Seiten so von Männchen umarmt, dass man von ihm nichts mehr sieht, als etwa noch ein ausgestrecktes Bein, das unten aus diesem Begattungsklumpen heraussieht. Daneben findet man in einer stark besetzten Kolonie stets auch einzelne Paare, mehr als das bei Krötenkolonien vorzukommen pflegt. Doch ist auch die Fortpflanzung des Taufrosches eine gesellschaftliche zu nennen. Bei normalen Verhältnissen und stark besetzten Laichstellen nimmt alles Teil an der Begattung, die eigentlich kopulierten Männchen sowohl, als auch die überzähligen, deren immer sehr viele vor-

---

[1]) Tabelle über die Dauer der Kopulation.

handen sind. Es ist ihr, sowie auch der Weibchen ganzes Bestreben, sich ihrer, das Jahr hindurch angesammelten Vermehrungsstoffe zu entledigen. Bevor dies stattgefunden hat, kann kein Individuum den Laichplatz verlassen. Allein man hilft sich gegenseitig. Die zahlreich an den Weibchen hängenden Männchen helfen ihnen durch konstanten Druck sich des Laiches zu entledigen, der dann in Klumpen abgeht, die aus kleinen stark zusammenhängenden Gallertkugeln bestehen, in denen die Eier liegen. — („Naturalia non sunt turbia.“)

Geburt des Laiches.

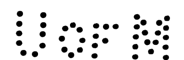
Wenn der Augenblick des Gebärens gekommen ist, so sinkt der „Begattungsklumpen“ oder das einzelne Paar kopulierter Frösche auf den Grund des Gewässers, und hier geht der anfangs kleine Laichklumpen von der Grösse einer grossen Nuss bis zu der eines kleinen Eies, je nach der Grösse des gebärenden Froschweibchens ab und wird nun von den anwesenden Männchen zum Teil in diesem Moment, zum Teil erst später befruchtet.

Der Zeitpunkt, wann in den verschiedenen Jahren und Lokalitäten der erste Laich geboren wird, richtet sich wieder nach den Witterungsverhältnissen und nach der Lage der Lokalitäten, kann also zu sehr verschiedener Zeit eintreten.[1]) Im Terrarium fand diese Geburt stets in der ersten Hälfte des März statt, in den Weihern des Beobachtungsgebietes in der zweiten Hälfte des März oder anfangs April. In einigen kleinen Wasseransammlungen fand sich, wenn sonnige Tage kamen, weil das Wasser dann frühe durchwärmt wurde, ebenfalls schon anfangs März Laich, so in einem Wassergraben in der Winterhalden in Oftringen am 8. März 1893 und am 11. März 1894.

Dauer der Laichzeit.

Die Dauer der Laichzeit von der Geburt des ersten Laiches bis zu dem Zeitpunkte, wo sich alle Weibchen eines Laichplatzes ihres Laiches entlediget haben, ist wiederum an den einzelnen Laichplätzen und in verschiedenen Jahren von der Lage und der Witterung abhängig. Im Terrarium wurde jeweilen während

[1]) Tabelle über Beobachtungen der Geburt des ersten Laiches.



10—28 Tagen Laich abgesetzt, in den verschiedenen beobachteten Laichplätzen während 4—27 Tagen.[1]).

Der Laich.

Die Laichklumpen der verschiedenen Paare kleben seitlich zusammen und bilden dann eine zusammenhängende Schicht. Wenn auch nur wenige Froschpaare an einer Stelle laichen, so drängen sie sich hiebei möglichst zusammen, um eine solche ununterbrochene Schicht zu bilden, die dann oft nur einen kleinen Raum von einigen Quadratdezimetern einnimmt, bei gutbesetzten Laichplätzen aber oft viele Quadratmeter, oder sie bildet sogar in grössern Weihern einen vollständigen, bis 1 m und darüber breiten Kranz dem Ufer entlang, wie ich das in frühern Jahren oft angetroffen habe.

In, um und auf diesen Laichschichten geht nun das Laichgeschäft weiter vor sich. Es entwickelt sich ein reges Leben. Überall ist die Schicht besetzt mit überzähligen Männchen, welche den Laich noch vollständig befruchten.

Als ich anfangs sah, wie die Männchen, wenn ich mich näherte, auf der Laichschicht sassen und sich dann durch dieselbe hindurchbohrten, war ich der Meinung, dies sei Flucht. Ich kam aber bald zur Überzeugung, dass sie diese Bewegungen auch ausführten, wenn niemand in der Nähe war, so wie auch, dass hiebei die anfangs von der männlichen Samenflüssigkeit strotzenden, wohlgerundeten Schmerbäuchlein nach und nach schlaffe Lenden bekamen. Es findet also beim Taufrosch (und bei andern Anuren) ähnlich, wie bei den Fischen eine nachträgliche Befruchtung des Laiches, nachdem dieser geboren und die Kopulation gelöst ist, statt, währenddem bisher angenommen wurde, dass diese Befruchtung nur im Momente, wo der Laich geboren werde, und noch während der Kopulation stattfinde. Es ist nicht anzunehmen, dass der schnell abgehende, aus einer sehr dicken Gallerte bestehende Laichklumpen in diesem kurzen Momente von einem, oder von einigen an der Kopulation teilnehmenden Männchen vollständig befruchtet werden könne. Alle Umstände sprechen dafür und die direkten Beobachtungen bestätigen es, dass eine vollständige Befruchtung noch nachträglich stattfinden müsse, wenn die Gallerte

[1]) Tabelle über die Dauer der Laichzeit.



des Laiches aufgequollen und weicher geworden ist. Die direkte Beobachtung habe ich alle Frühlinge zu machen Gelegenheit gehabt, und auch genau gesehen, wie die Männchen, auf der Laichschicht sitzend, die „Milch", die wie die „Milch" der Forelle aussah, fahren liessen, die sich dann im Wasser verteilte, auf den Laich niedersenkte und darauf verbreitete.

Während dies alles geschieht, sieht man immer noch laichende Paare und solche mit überzähligen Männchen. Sie kleben auf dem Grunde des Wassers, Klumpen an Klumpen. Alle Individuen entwickeln zu dieser Zeit mehr Leben, als zu irgend einer andern Jahreszeit. Alles hastet und drängt. Das ganze Bild eines solchen gesellschaftlichen Laichgeschäftes macht weniger den Eindruck einer fröhlich gestimmten Gesellschaft, als vielmehr den einer solchen, die sich rasch eines unausweichbaren Geschäftes entledigen will, um dann einer schönern Zeit entgegen zu gehen, dem Leben im Sommer in idyllischer Ruhe und Selbstbetrachtung mit wenig Sorgen, und wo ihnen die Gefahren nicht mehr drohen, denen sie bei den Laichplätzen ausgesetzt sind.

Wegzug vom Laichplatz.

Ist an einem Laichplatz aller Laich produziert und vollständig befruchtet und haben sich alle Individuen der Gesellschaft, Weibchen sowohl als Männchen, der Vermehrungsstoffe entledigt, so verlassen alle mit einander den Laichplatz in einer Nacht und ziehen aufs Land, wo sie sich verteilen. Dieser Wegzug erfolgt stets kurz vor dem Zeitpunkte, wo die ersten Larven die Eier verlassen. Sobald also junge Larven auf der Laichschicht liegen, so kann man sicher sein, dass keine Frösche mehr vorhanden sind. Man kann an einem Tage einen Laichplatz noch von Fröschen wimmelnd antreffen, und am folgenden Tage ist kein einziger mehr vorhanden. Die Froschschenkelsammler kennen dies genau und wenn ihnen ein von Fröschen besetzter Platz verraten wird, so fragen sie stets zuerst, ob dort schon viel Laich vorhanden sei. In diesem Falle ist es nicht ratsam für sie, grössere Strecken weit danach zu laufen, weil leicht bis zu ihrer Ankunft der Platz von Fröschen frei gefunden werden könnte. So geschah es auch, um ein Beispiel statt vieler zu erwähnen, im Frühlinge 1890 bei



einem kleinen Nebenweiher des Bärmoosweihers recht auffallend. Am 21. März enthielt dieser etwa 40 Laichklumpen und eine Menge Frösche produzierten deren noch mehr, und es spielten sich dort bis am 28. März die oben geschilderten Vorgänge ab. Am 29. März fand sich kein einziger Taufrosch mehr in diesem, wenig Wasser enthaltenden Weiherchen. Die Laichschicht hatte sich an der Oberfläche verbreitert, und man sah auf jedem Laichklumpen von den auskriechenden Larven herrührende, samtschwarze Flecken. Der Grund des Weihers war mit einer dichten Schicht von Wasserpest (Elodea canadensis) überzogen, und das Wasser klar und durchsichtig. Meine erste Vermutung, die Frösche seien in der letzten Nacht weggefangen worden, war ein Irrtum, denn dann hätte man in der Laichschicht und im Pflanzenüberzug des Grundes eine Störung bemerken müssen. Aber alles war unberührt, und im grossen Weiher, der sich dicht daneben befand, aber kaltes Quellwasser enthielt, war an diesem Tage das Laichgeschäft erst recht im Gange.

Der Zug der Taufrösche vom Wasser zum Lande ist ein ebenso regelmässiger, wie derjenige der Kröten und findet meistens etwas vor dem letztern statt, um so viel früher, als die Frösche früher zu laichen begonnen haben. Da das Laichgeschäft je nach den Temperatur- und Witterungsverhältnissen länger oder weniger lang dauert, so ist der Zeitraum von der Geburt des ersten Laiches bis zum Wegzug der Frösche auch ein verschiedener. Unter 19 Beobachtungen im Laufe vieler Jahre ging es neun Mal vom ersten Laich bis zum Wegzug 10—15 Tage, im Durchschnitt aber 13,4 Tage.[1])

Verhalten des Laiches gegen Kälte.

Im Freien laichen die Taufrösche zu einer so frühen Jahreszeit, dass der Laich öfters niedern Temperaturen und sogar dem Frost ausgesetzt ist. Ich konnte sehr oft im Frühlinge nicht nur oberflächlich, sondern auch durch und durch gefrorenen Laich beobachten, so dass ich auf die Vermutung kam, er müsse gegen Frost unempfindlich sein, weil es sonst vorkommen könnte, dass

[1]) Tabelle über den Zeitraum von der Geburt des ersten Laiches bis zum Wegzug.

in einem Frühlinge die ganze Taufroschnachkommenschaft einer Gegend zu Grunde gehe. Am 25. März 1891 fand ich im Looweiher wieder solchen Laich, der in einer ganz seichten Bucht, zum Teil fast auf dem Trockenen lag und durch und durch gefroren war, wie auch der ganze Weiher mit einer fast 1 cm dicken Eisschicht überzogen war. Es war anzunehmen, dass sich dieser Laich schon seit zwei Tagen in gefrorenem Zustande befand; denn seit dem 23. März war die Temperatur unter 0°, sogar bis —8° C. gesunken. Von diesem nahm ich eine Portion mit, um ihn zu beobachten. Er wurde im Terrarium in ein besonderes Bassin gebracht, wo es sich bald zeigte, dass er lebensfähig war und sich entwickelte, zwar etwas langsamer als gewöhnlich. Am 4. April hatten die Larven die Gallertkugeln verlassen. Diese Larven fielen nun leider in kurzer Zeit den im dichten Pflanzenwuchse des Bassins hausenden Libellenlarven zum Opfer, und bald war keine mehr am Leben.

Der Taufroschlaich besitzt also gegen Kälte eine grosse Widerstandskraft und das Gefrieren des Laiches hat nur zur Folge, dass sich nach dem Wiederauftauen die Weiterentwicklung langsamer vollzieht. Es ist dies eine merkwürdige, aber notwendige Anpassung an die Verhältnisse. Leider hatte ich seither nicht mehr Gelegenheit, den Versuch zu wiederholen, zweifle aber nicht, dass die gleichen Resultate herauskommen werden. Es wäre noch zu konstatieren, wie lange der Taufroschlaich Temperaturen unter 0° aushalten kann und wie tief die Temperatur sinken darf, ehe er die Lebenskraft verliert, und dann, ob mit zunehmender Kälte die Lebenskraft nach und nach, oder dann bei einem gewissen Kältegrade plötzlich erlösche. Seit 1891 kam es nicht mehr vor, dass der Taufroschlaich im Frühlinge zum Gefrieren kam.

Das „Reiten“ und die Möglichkeit einer Bastardierung.

Während der Laichzeit sind die Taufroschmännchen sehr vom Geschlechtstriebe beherrscht, und diejenigen, die nicht Gelegenheit finden, sich mit einem Weibchen zu verbinden, geraten häufig auf Irrwege, indem sie sich an Alles anklammern, was sich bewegt, selbst an den hingehaltenen Finger. Man hat dieses Anklammern an andere Tiere, das auch bei der Kröte vorkommt, aber nicht



in dem Masse, wie beim Taufrosch, „das Reiten“ genannt, und weil es oft vorkommt, dass sich solche liebebrünstige Männchen an Fische, besonders an Karpfen anklammern, so werden sie „Karpfenreiter“ genannt. Hiebei ist es häufig, dass der Frosch sich mit seinen Vorderfüssen in die Augen des Fisches einhackt, da sie an den glatten Tieren keinen andern Haltpunkt finden, und da dies sehr kräftig geschieht, so werden solchen Fischen oft die Augen eingedrückt. Immerhin kommt dieses Fischreiten nicht so häufig vor, dass es, wie es häufig geschieht, dem Taufrosch als grosse Fischfeindlichkeit angerechnet werden kann, und bei den Meldungen in Zeitungen über solche Vorkommnisse macht sich oft blühender Unsinn breit, und wird dabei viel gefabelt darüber, „warum wohl die Frösche den Fischen so feindlich gesinnt seien, die ihnen ja nichts zu leide thun und sich meistens von Pflanzenstoffen, also schwerlich von Froschlaich ernähren“ etc. etc. Da die Brunstzeit des Taufrosches etwa 20 Tage im Jahr dauert und das Fischreiten auch in dieser Zeit nur ausnahmsweise vorkommt, so ist dem „Fischreiten“ keine grosse Bedeutung beizumessen.

Im Terrarium sowohl, als auch im Freien konnte ich über das „Reiten“ eine Menge Beobachtungen machen. Es kommt namentlich im Anfange der Laichzeit vor, wenn noch keine oder nur wenige Weibchen vorhanden sind und wenn noch kein Laich produziert ist, an dem die überzähligen Männchen sich ihrer Samenflüssigkeit entledigen können. Dann stürzen sie sich auf alles, was sich bewegt, um es zu umklammern.

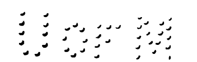
Im Freien kommt es naturgemäss am meisten vor, dass Kröten in ihre Gewalt fallen, die dann so gefasst werden, wie es sich gerade schickt, also oft verkehrt, währenddem bei der Kopulation mit einem Weibchen der eigenen Gattung nur die richtige Stellung vorkommt. Aber auch, wenn ein Krötenweibchen von einem Taufroschmännchen richtig gefasst wird, ist an eine Bastardierung nicht zu denken. Es kam nie unter den zahlreich beobachteten Fällen zu einer Begattung.

Mit dem grünen Wasserfrosch kamen die Taufrösche im Terrarium oft zusammen während der Brunstzeit, und auch er wurde von den Taufroschmännchen überfallen. Hiebei war es eigentümlich, dass wenn ein Männchen vom Wasserfrosch in seine Gewalt fiel, es bald wieder losgelassen wurde, während ein Weibchen,



wenn es in der richtigen Stellung gepackt worden war, so lange festgehalten wurde, bis es tot war, wenn es nicht mit Gewalt losgelöst wurde. Als beide Arten im Terrarium nebeneinander gehalten wurden, mussten während der Brunstzeit des Taufrosches tagtäglich solche Paare getrennt werden. Liess man sie gewähren, so war der Tod des Wasserfroschweibchens regelmässig das Ende der Mesalliance. Dieser trat nach etwa 8 Tagen ein, und es kann also auch zwischen diesen zwei Lurcharten auf natürlichem Wege keine Bastardierung stattfinden. Auf künstlichem Wege eine Bastardierung herbeizuführen, wäre eher möglich. Herr Dr. Heuscher teilte mir im Sommer 1894 mit, dass ihm beim Taufrosch die künstliche Befruchtung des Laiches schon mehrmals gelungen sei, indem er den einem frisch getöteten Weibchen entnommenen, mit der „Milch“ eines ebenfalls frisch getöteten Männchens zusammenbrachte. Es wäre nun möglich, dass, wenn ein Taufroschmännchen isoliert und in künstlich niederer Temperatur gehalten würde, es so lange zeugungsfähigen Samen behalten würde, bis ein Wasserfroschweibchen, dessen Brunstzeit 1 $^{1}/_{2}$—2 Monate später beginnt, brünstig würde, oder umgekehrt, wenn ein Taufroschweibchen eine solche Behandlung erführe, bis ein Wasserfroschmännchen brünstig würde, dann die künstliche Bastardierung gelänge. Neben den genannten Tieren vergriffen sich die Taufroschmännchen gerne an kranken, verletzten oder selbst toten Tieren der eigenen Art oder der schon erwähnten Tiere. Es kam zum Beispiel im Terrarium öfter vor, dass infolge allzu mastiger Nahrung den Fröschen der Mastdarm austrat, und an solchen wehrlosen Tieren vergriffen sich die liebebrünstigen Frösche. Ein Taufroschweibchen, das getreten worden und infolgedessen am ganzen Hinterleibe gelähmt war, wurde ebenfalls von einem Männchen umklammert, und dieses liess auch dann nicht los, als jenem mit einer Scheer der Oberkopf und damit das Gehirn quer durchschnitten worden war. Es blieb noch vier Tage mit dem toten Tiere verbunden.

Noch an andern, weit entfernter stehenden Tieren wurden von in Geschlechtsverirrung begriffenen Taufroschmännchen Attentate verübt. Ein Erdsalamanderweibchen wurde im März 1882 von einem solchen überfallen, umarmt und mit Gewalt ins Wasser geschleppt, und dies wurde mehrmals wiederholt, nachdem der



Salamander befreit worden war, was gar nicht leicht war. Sobald er in der Nähe des liebeswütigen Frosches niedergesetzt wurde, stürzte sich dieser wieder auf ihn.

Am 23. März 1887 fand ich auch einen Laubfrosch so von einem kleinern Taufrosch umklammert, dessen Befreiung gar nicht leicht war.

Das Auffallendste und zugleich Lächerlichste in dieser Beziehung geschah aber im März 1883. Als ich eines Tages die grünen Eidechsen im Terrarium mit Mehlwürmern fütterte, stürzte sich plötzlich ein liebebrünstiger Taufrosch unter sie und wollte sich einer bemächtigen. Sie nahmen alle vor dem plötzlich erscheinenden Kobold Reissaus, von diesem noch eine Strecke weit mit langen Sprüngen verfolgt. Er gelangte nicht zum gewünschten Resultate, nämlich zu einer leiblichen Verbindung mit einer so hoch über ihm stehenden, schlanken Lazerte.

Zweiter Geschlechtstrieb.

Eine weitere geschlechtliche Erscheinung, die hier am besten besprochen werden kann, da sie auch im „Reiten" zum Ausdruck gelangte, war das Auftreten eines zweiten Geschlechtstriebes bei den Männchen im Sommer, der sich im Terrarium alle Jahre, jeweilen im Juli oder August zeigte. Es war die gute und reichliche Nahrung, welche diesen Trieb zu der aussergewöhnlichen Zeit erregte. Die betreffenden Männchen stürzten sich dann, wie das im Frühlinge etwa vorkam, auf andere Lurche sowohl und umklammerten sie, als auch auf die eigenen Weibchen. Die Kopulation löste sich aber stets nach ganz kurzer Zeit wieder, und es kam nie zu einer Begattung. Am 12. August 1882 zum Beispiel hatte ein Weibchen einen Regenwurm erfasst und dies hatte ein Männchen, das zufällig hinter ihm sass, bemerkt. Dieses wollte nun auch nach dem Leckerbissen schnappen und kroch zu diesem Zwecke über den glatten Rücken des fetten Weibchens, wobei es von plötzlichem Liebesdrange übernommen wurde, es krampfhaft um den Leib fasste und einige Zeit in Kopulation blieb.



Die Entwicklung des Laiches und der Larven.

Beschreibung des Laiches.

Der frischgeborene Laich liegt im Anfange als rundlicher Klumpen von etwa Eigrösse auf dem Boden des Gewässers. Die Gallerte, woraus er besteht, ist ziemlich fest und kompakt und besteht aus Gallertkugeln, die 4 mm im Durchmesser haben und deren jede ein Ei enthält, von meist 1 1/2, seltener 2 mm Durchmesser. Dieses Ei ist eine schwarze Kugel, die aber auf der untern, vom Lichte abgewendeten Seite einen grossen, weisslichen Flecken hat, der anfangs fast die Hälfte, nämlich die untere Seite der Kugel einnimmt, nach und nach jedoch kleiner wird und zuletzt ganz verschwindet.

Das Drehen der Eier.

Durch Zufall entdeckte ich am 10. März 1883 die merkwürdige Eigenschaft an diesen Eiern, dass, wenn sie so gekehrt wurden, dass der weisse Flecken nach oben sah, dieser sich sogleich wieder nach unten drehte, also stets bestrebt war, die möglichst vom Lichte abgewendete Seite einzunehmen. Es zeigte sich hiebei an einem frisch geborenen Laichklumpen, dass, wenn man denselben umkehrte, die Eier sich in 2—2 1/2 Minuten wieder vollständig nach unten gedreht hatten, bis auf eines, das hiezu 15 Minuten brauchte.

Tags darauf, am 11. März, brauchten die Eier zu dieser Drehung viel mehr Zeit, nämlich 10 Minuten. Der weisse Flecken war seit gestern viel kleiner geworden. — Das Ei drehte sich nach der Seite hin, von der das Licht einfiel.

Am 12. März war das Weisse an den Eikugeln noch kleiner geworden, und die Drehung fand noch langsamer statt, als tags zuvor. Auch war inzwischen die Gallerte ziemlich aufgequollen.

Am 13. März war der weisse Flecken ganz verschwunden, so dass das Ei nun eine gleichmässige, schwarze Kugel bildete.

Der Laichklumpen war in der Nacht vom 9. zum 10. März geboren worden. Die Eigenschaft des Drehens konnte also nur an frischgeborenem Laich während dreier Tage beobachtet werden.

Am 12. März 1883 wurde wieder mit einem frischgeborenen Laichklumpen experimentiert. Die Gallertkugeln hatten 4 mm Durchmesser, die Eikugeln $1^{1}/_{2}$ mm. Die Drehung vollzog sich in 3 Minuten.

Tags darauf hatten die Gallertkugeln 10 mm Durchmesser, die Eier $2—2^{1}/_{2}$ mm. Die Drehung dauerte an diesem Tage 10 Minuten.

Am 14. ging die Drehung bei bedeutend kleiner gewordenem, weissem Flecken wieder viel langsamer vor sich, und vom 15. an war der letztere nur noch punktförmig und die Drehung dauerte 20 Minuten.

Am 16. war die Eikugel vollständig schwarz und fing an, sich weiter zu verändern.

An diesem Laich konnte also die Drehung während 4 Tagen beobachtet werden, sie ging aber bedeutend langsamer vor sich.

Weitere Experimente im Jahre 1885 und den folgenden Jahren[1]) bestätigten, dass die Drehungsgeschwindigkeit mit dem Kleinerwerden des weissen Fleckens abnahm, zeigten aber zugleich, dass bei höherer Temperatur diese Drehung schneller vor sich gehe, als bei niederer. Während im Jahre 1883, bei kühler Temperatur, die Drehung am 4. Tage 20 Minuten beanspruchte, ging sie im Jahr 1885, bei hoher Temperatur, am 4. Tage in 10 Minuten vor sich.

Weitere Experimente zeigten, dass auch bei gleicher Temperatur in einem Laichklumpen sich die Eier schneller drehen können, als in einem andern, und dass bei sehr lebensfähigen auch am 2. und 3. Tage durch erhöhte Temperatur die Drehung beschleunigt werden kann. So vollzog sich am 23. März 1887 bei zwei Tage altem Laich die Drehung der Eier bei einer Lufttemperatur von $8,5^{0}$ und einer Wassertemperatur von 6^{0} in 6 Minuten, tags darauf aber, als die Temperatur der Luft 15^{0} und die des Wassers 10^{0} war, ging die Drehung der meisten Eier schneller vor sich, nämlich schon in 3 Minuten.

Am 21. März 1890 beobachtete ich einen frischen Laich bei warmem Wetter und 15^{0} Wärme. Die meisten Eier drehten sich in einer Minute nach unten, einige aber erst in 2 Minuten, und

[1]) Tabelle über das Drehen des Laiches.



ein Ei drehte sich gar nicht. Ich nahm an, dieses Ei sei tot, infolgedessen, dass es nicht befruchtet worden sei, und kam nun auf die Vermutung, dass diejenigen Eier eines Laichklumpens, die sich langsamer drehten, als die andern, ungenügend befruchtet seien, wollte aber dies experimentell beweisen.

Am 24. März 1894 hatte ich wieder einen solchen Laich vor mir. Die Drehung der meisten Eier vollzog sich morgens bei 5° C. in 3 Minuten, nachmittags aber bei 12° C. im Schatten und 21° in der Sonne, in $2^1/_2$ Minuten. Sieben Eier dieses Klumpens waren jedoch nach 25 Minuten erst halb gedreht und zehn gar nicht. Ich liess nun die Eier dieses Klumpens sich entwickeln, und es stellte sich heraus, dass die zehn, die sich nicht drehten, unbefruchtet waren, die sieben, die sich nur langsam drehten, zwar Larven entwickelten, die aber in den ersten Tagen zu Grunde gingen, also schlecht befruchtet und nicht lebensfähig waren. Dieser ganze Laichklumpen war sehr klein und enthielt nur etwa 100 Eier, das ist etwa die Hälfte oder ein Dritteil eines gewöhnlichen. Er stammte von einem kleinen, jungen Froschweibchen her, das dieses Jahr zum ersten Male laichreif war. Es zeigte sich, dass solcher Erstlingslaich schlechter befruchtet war, als solcher von ältern, kräftigern Tieren und im ganzen auch weniger widerstandsfähig; denn die andern Larven entwickelten sich zwar regelmässig bis zum 11. April, wo sie 12—14 mm massen, starben aber dann entweder nach und nach ab oder kamen durch Raubinsekten um. Bis im Mai waren keine mehr am Leben.

Hiedurch wurden auch frühere, diesbezügliche Beobachtungen bestätigt. Schon im Jahr 1887 hatte ich einen ähnlichen Laichklumpen eines jungen Weibchens beobachtet und an ihm gesehen, dass ausser dem Alter und der Temperatur auch der Befruchtungsgrad auf die Geschwindigkeit der Drehung wirkte. Dieser Laich fand sich am 22. März im Terrarium und wies viele leere Gallertkugeln auf, etwa der vierte Teil derselben enthielt keine Eier. Die Drehung der meisten vorhandenen Eier vollzog sich am 23. bei 8,5° in 6 Minuten; aber eine grosse Zahl drehte sich viel langsamer, einzelne sehr langsam. Diese waren schlecht befruchtet, und es erwies sich bei der Entwicklung, dass die Larven nicht lebensfähig waren.

Es kann also bei einem frischen Laichklumpen durch die Drehungsgeschwindigkeit der Eier nachgewiesen werden, ob alle gut befruchtet seien oder ob ein Teil davon nicht oder schlecht befruchtet sei.

Die Gallerte.

Der frischgeborene Laich liegt am Boden des Wassers. Die Gallerte fängt aber bald an aufzuquellen, wird dadurch leichter und hebt sich nach wenigen Tagen an die Oberfläche, wobei auch anhängende Luftkügelchen mithelfen. Oft jedoch wird der Laich am Boden oder an Wasserpflanzen angeklebt, nämlich wenn er in seichtem Wasser liegt, nur wenig unter der Oberfläche, das heisst, gerade in der richtigen Tiefe, in der sich die auskriechenden Larven am besten befinden. Ist er nicht so befestigt, so schwimmt die Laichschicht einige Tage mit immer grösser aufquellenden Gallertkugeln an der Oberfläche und fängt dann wieder an zu sinken, diesmal nur etwa 20—30 cm unter die Oberfläche und bleibt in dieser Höhe schwebend. Nun verlassen die Larven die Gallertkugeln, die inzwischen beim Aufsteigen an die Oberfläche 10—12 mm Durchmesser haben und wenn die Larven auskriechen, bis auf 15—20 mm aufquellen und dann zerfliessen. Nach einiger Übung kann man so nach der Grösse der Gallertkugeln eines Laichklumpens dessen Alter bestimmen. Nur höchstens einen Tag lang bleiben sie 4—6 mm im Durchmesser, 6—8 mm deuten schon auf ein Alter von 2 Tagen, 8—12 auf ein solches von 3 Tagen und grössere Kugeln sind älter. In diesen hat auch das Ei schon seine runde Form verloren und ist bald zur Larve geworden.

Das Ei.

Inzwischen hat das Ei folgende Veränderungen durchgemacht: Gleich nachdem der weisse Flecken am 4. oder 5. Tag verschwunden und nachdem der Laich an die Oberfläche des Wassers gestiegen ist, oder oft auch schon etwas früher, bekommt die schwarze Kugel eine Ausweisung oder einen stumpfen Auswuchs. Im Frühling 1883 geschah dies an mehreren Laichklumpen, je am 4. Tage nach der Geburt, im Jahre 1885 dauerte es 9 Tage und

im Jahr 1887 gar 10 Tage. Der Grund liegt in den Temperaturen, die beschleunigend oder hemmend auf die Entwicklung einwirken. Herrschende Kälte verzögert das Auskriechen der Larven, warmes Wetter beschleunigt dasselbe, und die Unterschiede der Länge der ganzen Entwicklungsperiode der Larven in verschiedenen Jahren rührten nur von diesen Differenzen in den ersten Tagen her. Später gestaltete sich die Entwicklung viel gleichmässiger.

Von der Geburt des Laiches bis zum Auskriechen der Larven dauerte es je nach den Umständen 6—19 Tage, selten länger. Im Terrarium blieb diese Zeitdauer, wie zu erwarten, stets ziemlich gleichmässig und betrug im Durchschnitt 10½ Tage, im Freien war sie etwas länger und betrug 12½—13½ Tage[1]).

Die Larve.

Schon am folgenden Tage, nachdem das Ei einen Auswuchs bekommen, konnte man beobachten, dass der Embryo einen Schwanz besass, der sogar zwei Dritteile der Länge des ganzen Tieres ausmachte. Dieses mass nun 3—4 mm und fing an, sich zu bewegen, führte aber nur sehr langsame, mehr wurmartige Bewegungen aus. Es kroch. Die Larve verliess die Gallertkugel und blieb auf der wieder etwas untergetauchten Gallertschicht liegen. Ihr Körper hatte jetzt eine in die Länge gezogene, tritonähnliche Form angenommen und machte über die Hälfte der ganzen Länge des Embryo aus. Zu jeder Seite des Kopfes waren zwei ästige Kiemen deutlich sichtbar. Die Larven krümmten sich oft ringförmig zusammen und dehnten sich dann wieder in die Länge.

In dieser Zeit bildeten die eben ausgekrochenen Larven auf der untergetauchten Laichschicht eine sammetschwarze, zusammenhängende Decke, und nachdem sie noch einen Tag älter geworden, bewegten sie sich hier lebhaft und bildeten ein förmliches Gewimmel. Die Gallerte, welche die Eier umhüllte, bildete in den ersten Tagen ihre Nahrung, und die Schicht schützte die jungen

[1]) Tabelle über die Zeitdauer von der Geburt des Laiches bis zum Auskriechen der Larve.

Larven vor Angriffen von unten, die darüber befindliche Wasserschicht aber einigermassen von oben. Doch konnte man oft sehen, dass in dieser Zeit Raubinsekten leckere Beute an ihnen machten. Am Rande, wo die Schicht etwas höher zu liegen kam, mästeten sich von Ranatra linearis, Hydrometra lacustris und Spinnen, und am 30. März 1886 war im Bärmoosweiher auch der Wasserskorpion aus der Tiefe heraufgestiegen und machte da, wo die Larvenschicht sich gegen das Ufer hin anlehnte und fast auf dem Trockenen lag, sehr guten Fang.

Nach etwa 2—3 Tagen hatten die jungen Larven so viel Kraft und Lebhaftigkeit erlangt, dass sie anfingen, sich von der Gallertschicht zu entfernen, indem sie durch rasche, schlängelnde Bewegungen des beflossten Schwanzes schwammen und sich im ganzen Raume herum verteilten. Sie hängten sich mit dem Munde, der noch als Saugapparat funktionierte, an schwimmende Blätter an, die oft an der Unterseite wie mit ihnen gespickt aussahen, sowie an Stengel von Wasserpflanzen, Wurzeln von Lemna, an die Wände der Wasserbehälter und an anderes mehr. — Die äussern Kiemen waren noch sichtbar.

Dann ward der Körper nach und nach dicker und runder, der Schwanz länger und die äussern Kiemen wurden kleiner, und 5—6 Tage nach dem Auskriechen war der Kopf länglichrund geworden, nach weitern zwei Tagen waren die Kiemen nicht mehr sichtbar. Der Schwanz nahm etwa zwei Dritteile der ganzen Länge ein, und das Tier hatte nun die Form, in der es bis zur Metamorphose verblieb und im Volksmunde den Namen „Rosskopf" erhalten hat.

Die verlassene Gallertschicht breitete sich nun an der Oberfläche des Wassers aus, oft aber auch noch ehe die jungen Larven davon weg waren, und es kam dann nicht selten vor, dass kleinere Partien in rundlichen Fladen auf dem Wasser herumschwammen, in deren Mittelpunkt die jungen Larven sich als runder, schwarzer Flecken befanden, umgeben von einem Gallertkreise, einem sogenannten „Spiegelei oder Stierenauge" vergleichbar.

Später zerfloss diese Gallerte und löste sich nach und nach im Wasser auf, darauf einen weissen, später undeutlich und schmutzig werdenden Schaum und zuletzt eine dünne, irisierende Haut zurücklassend, was alles oft vom Winde in eine Ecke oder

Bucht getrieben wird, wo man noch die letzten Überreste beobachten konnte.

Von nun an entwickelten sich die Larven in ziemlich gleichmässigem Wachstum, bis sie ihre volle Grösse erlangt hatten mit 45—50 mm. Bei schlechten Verhältnissen wurden sie jedoch nicht so gross. Da die Temperatur in der nun vorgerückten Jahreszeit nicht mehr so tief sank, dass sie auf das Wachstum oder die Fortentwicklung störend hätte einwirken können, so kamen in der Zeitperiode vom Auskriechen der Larven bis zur Metamorphose keine so grossen Unterschiede mehr vor, wie in derjenigen von der Geburt des Laiches bis zum Auskriechen der Larven. Diese konnte, wie wir gesehen, 6—19 Tage, selbst mehr ausmachen, jene belief sich in den meisten beobachteten Fällen auf 79—81 Tage. Nur viermal unter den vielen, im Laufe von 15 Jahren gemachten Fällen betrug diese Zeitperiode erwähnenswert weniger, nämlich 72—75 Tage.[1])

Unterscheidungsmerkmale zwischen Froschlarven und Krötenlarven.

Während der ganzen Wachstumsperiode der Larven des Taufrosches betrug die Länge des Schwanzes etwa das Doppelte von derjenigen des Kopfes oder zwei Dritteile der Länge des ganzen Tieres, während die Schwanzlänge der Krötenlarven nur etwa die Hälfte der ganzen Länge ausmachte. Auch in der Farbe bestand ein Unterschied, wenigstens in den weitern Entwicklungsstadien. Diejenige der Taufroschlarven war ungefähr von dem Zeitpunkte an, wo sie die äussern Kiemen verloren hatten, braungelb (vorher schwarz), diejenige der Krötenlarven aber bis zur Metamorphose schwarz. Die kleinen Äuglein der Taufroschlarven waren mit einem goldenen Reife umgeben, der namentlich schön metallisch glänzte, wenn die Sonne darauf schien. Am sonst hellschmutzig weissen Bauche waren die grössern Exemplare dicht bronzen getüpfelt, und die kreisförmig aufgewickelten Gedärme waren auf der hintern Hälfte des Bauches deutlich sichtbar.

[1]) Tabellen über die Entwicklung des Laiches und der Larven im Bärmoosweiher 1883, im Rebberg 1892 und im Terrarium 1895.

Die Nahrung der Larven.

Die Nahrung bestand aus möglichst weichen tierischen und pflanzlichen Stoffen und zwar am liebsten aus faulenden, weil diese am weichsten waren. Die tierische Nahrung wurde vorgezogen, obschon auch gerne an Stengeln die faulenden und modernden Teile verzehrt und an den Glaswänden die Algen abgeweidet wurden. Ich brachte sie leicht dadurch fett, dass ich ihnen faulendes Kalbfleisch und später verwesende Regenwürmer vorsetzte, bei welch letzterer Nahrung sie besonders gut gediehen. Einmal jedoch, als ich ihnen von dieser Nahrung zu viel auf einmal vorsetzte (am 29. April 1883) verdarb dadurch das Wasser ihres Behälters so, dass eine grosse Anzahl zu Grunde ging, ehe ich die Fäulnis des Wassers bemerkte und nun Abhilfe traf.

Im Terrarium fütterte ich sie auch abwechslungsweise mit Brot, gekochten Birnen etc., doch erwiesen sich diese vegetabilischen Nahrungsmittel als nicht so vorteilhaft für die Entwicklung.

Die Kiefer und die Art und Weise, wie die Larven frassen, konnten am besten beobachtet werden, wenn sie an einer Glaswand weideten. Sie leckten dabei eifrig die vorhandenen Stoffe ab, wobei sie sich nach und nach oder auch ruckweise sinken liessen, um immer wieder frische Weide zu haben. Ganz gleiche leckende oder schöpfende Bewegungen machte der Unterkiefer, wenn die Larven an der Oberfläche des Wassers gleichsam hingen, und dort die dünne, aus Diatomeen und andern Algen bestehende Haut abhoben und als Nahrung verwendeten.

Die Metamorphose.

Etwa 55—60 Tage nach dem Auskriechen erschienen an den Taufroschlarven bei einer Länge von 38—44 mm die Hinterbeine als deutlich sichtbare Stummel, nachdem sie schon lange vorher in der Anlage existiert hatten. Mit der Lupe waren sie schon bald mit dem Verschwinden der äussern Kiemen sichtbar als zwei ganz kleine, stabförmige Anhängsel, die ganz in der Schwanzflosse zu beiden Seiten des Afters steckten.

Etwa 50—52 Tage nach dem Auskriechen waren die Hinterbeine gegliedert in Oberschenkel, Unterschenkel und Fuss, steckten

aber noch in der durchsichtigen Schwanzflosse und vermochten keine Bewegungen auszuführen.

In dieser Zeit stiegen die Larven schon häufig an die Oberfläche des Wassers, um Luft zu schnappen, ähnlich, wie es die Tritonen thun.

Nach weitern 3—5 Tagen war von den Hinterbeinen der Fuss frei und stand aus der Flosse hervor. Auch fing der Körper schon an sich der Form eines fertigen Fröschchens zu nähern.

Etwa 66 Tage nach dem Auskriechen, bei einer Grösse der Larven von etwa 45 mm, waren die Hinterbeine fertig entwickelt, hatten die verhältnismässig richtige Grösse erreicht und machten nun auch Schwimmbewegungen. Fast zu gleicher Zeit begannen sich auch die Vorderbeine zu entwickeln und machten sich, noch unter der Haut verborgen, durch Bewegungen bemerkbar. Sie traten dann zuerst mit den Ellenbogen aus der Haut hervor. Es trat dann oft ein ganz kurzer Zeitpunkt ein, wo eines der Vorderbeine vollständig frei, das andere noch unter der Haut verborgen war, und etwa am 70. Tage nach dem Auskriechen waren beide Vorderfüsse frei und man hatte ein fertiges Fröschchen von 15—20 mm Länge vor sich, das aber noch mit einem langen Schwanze versehen war. Die Quappe hatte nun ihre grösste Länge erreicht, mit 45—50 mm. Die Beine hatten nun folgende Dimensionen: Vorderbeine 10 mm, nämlich die Oberschenkel 3, die Unterschenkel 3 und die Füsse 4 mm. — Die Hinterbeine 16 mm, nämlich die Oberschenkel 5, die Unterschenkel 5 und die Füsse 6 mm.

Der Schwanz fing nun an einzuschrumpfen, das Tierchen kroch schon etwa auf schwimmende Blätter, wo es hie und da schnappende Bewegungen machte, wenn es Bedürfnis nach Luft bekam, die jetzt durch Lungen aufgenommen wurde; es führte auch oft schon hüpfende Bewegungen aus und sprang, erschreckt, vom Blatte ins Wasser. Kurze Zeit darauf, etwa am 80. Tage nach dem Auskriechen, war der Schwanz vollständig verschwunden. Die Larve hatte die Metamorphose überstanden und ein junges, vollständig ausgebildetes Fröschchen war aus ihr entstanden.

Wie aus den bisherigen Ausführungen ersichtlich, ist die Entwicklung der Larven des Taufrosches eine sehr regelmässige, wohl

die regelmässigste von allen unsern Lurchen. Selbst wenn man die Perioden von der Geburt des Laiches bis zum Auskriechen, die sehr variierten, hinzurechnete, so kam man für die sehr zahlreich beobachteten Entwicklungsperioden auf Zeiträume, die nicht allzu sehr von einander differierten. Es sind in den Jahren 1881 bis 1894 über 30 solche Perioden teils vollständig, teils soweit beobachtet worden, dass man die Zeit der Metamorphose leicht ausrechnen konnte. Man kam immer auf ähnliche Resultate. Für 13 direkt und vollständig beobachtete Perioden brauchte es 1140—1159 Tage, also für eine Periode im Durchschnitt 87,7 bis 89 Tage.

Für 21 Perioden, bei denen die Zeit der Metamorphose durch Berechnung festgestellt wurde, aus den gemachten, nicht ganz vollständigen Beobachtungen, brauchte es 1842—1857 Tage, also im Durchschnitt für eine Periode 87,7—88,4 Tage.[1])

Es muss hier noch bemerkt werden, dass nicht alle Entwicklungsperioden, welche beobachtet wurden, notiert wurden. Es wurden oft in einem Jahre Beobachtungen an verschiedenen, isolierten Laichklumpen gemacht, und wenn sie sich gleich abwickelten, nur von einem notiert. Es wurden aber auch in andern Jahren Entwicklungsperioden beobachtet, und wenn nichts Auffälliges vorkam, nicht notiert.

Nach der Metamorphose.

Nachdem an den Laichplätzen die Metamorphose vorbei war, fanden sich dort keine Larven mehr vor. Es gab da keine Nachzügler, wie das etwa bei den Kröten vorkam. In der Ebene fand man nach dem Juli nirgends mehr Taufroschlarven. Es konnte wohl vorkommen, dass infolge Nahrungsmangel Larven in der Grösse zurückblieben. Sie entwickelten sich entweder dennoch mit den andern oder kamen durch Abzehrung oder durch Feinde um.

Wenn auch auf künstlichem Wege, durch Temperaturerniedrigung und Nahrungsreduktion die Entwicklung von Taufroschlarven gehemmt werden kann, dass sie den Winter als Larven überdauern, so kommt dies in der Natur doch nicht vor, da ja

[1]) Tabellen über beobachtete Entwicklungsperioden.

vom Juni an, wo naturgemäss ihre Verwandlung stattfindet, noch Monate lang Licht und Wärme auf sie einwirken können, und Nahrung in Hülle und Fülle sich findet, wenn auch dann noch Larven irgendwo in ihrer Entwicklung zurück sein sollten. Überwinternde Larven sind stets solche vom grünen Wasserfrosch.

Gleich nach der Metamorphose verliessen die jungen Frösche das Wasser, hielten sich aber noch einige Tage in der Nähe desselben auf. Sie sassen in diesem Stadium, das nur kurze Zeit dauerte, gerne in der Sonne auf dem Lande und sprangen, wenn sie gestört wurden, mit für sie mächtigem Sprunge von bis 20 cm Länge ins Wasser. Nach einiger Zeit traf man aber an den Laichplätzen weder Larven noch junge Frösche an. Sie waren vom Wasser weggezogen und zwar miteinander. Wo noch massenhaft Taufrösche zu den Laichplätzen kommen, giebt dieser Wegzug der jungen Frösche in Jahren, wo die Witterungsverhältnisse die Entwicklung begünstigen, zu der Sage vom Froschregen Veranlassung. In unserer Gegend sind die Frösche durch das rücksichtslose Sammeln, wobei auch die Brut noch vertilgt wird, indem man den Laich auf's Land wirft, um den Fröschen beizukommen, so dezimiert, dass die Züge junger Frösche nicht mehr auffällig auftreten. In früheren Jahren, z. B. Ende der fünfziger Jahre, traf man es noch, dass man auf weite Distanz keinen Schritt thun konnte, ohne einige dieser jungen Tiere zu zertreten. Sie zogen aus, um sich eine Heimat zu gründen. Je weiter der Zug kam, desto weniger zahlreich an Individuen wurde er. Links und rechts fielen einzelne ab und siedelten sich fest an, bis auch das letzte ein Plätzchen gefunden hatte, wo es sein Leben fristen konnte, oft sehr weit weg vom Ausgangspunkte, vom Laichplatze, wo es geboren worden.

Dort führen sie dann ein sehr zurückgezogenes Leben bis zu ihrer Geschlechtsreife; denn nur geschlechtsreife Exemplare kommen im Herbste zum Wasser, um dort zu überwintern, und im Frühling zu den Laichplätzen.

Der junge Frosch.

Ein junges Taufröschchen hatte nach beendigter Metamorphose eine Länge von 15—20 mm, je nachdem es von einer besser oder

weniger entwickelten Larve abstammte. Im gleichen Jahre wuchs es noch bis zu einer Länge von 25 mm. Den Winter über nahm es natürlich an Grösse nicht zu, war also nach einem Lebensjahre noch 25 mm lang. Im zweiten Sommer gelangte es zu einer Körperlänge von 30 mm oder wenig mehr. Bis zu diesem Alter habe ich im Terrarium häufig Taufrösche gezogen und im Freien konstatiert, dass auch dort junge Frösche von 30—35 mm Länge zwei Jahre alt waren.

Für grössere Frösche war es schon schwieriger, das Alter zu bestimmen; doch konnte ich mehrmals einzelne erziehen bis zum dritten Jahre, wo sie dann 5 cm bis höchstens $5^1/_2$ cm massen. Sie waren noch nicht geschlechtsreif; denn die kleinsten geschlechtsreifen massen mindestens 6 cm. Es ist also anzunehmen, dass solche 5—$5^1/_2$ cm lange Frösche im folgenden Frühlinge, also im 4. Lebensjahre geschlechtsreif werden. Mehrmals konnte ich im Terrarium nachweisen, dass dort aufgewachsene Frösche erst im vierten Jahre geschlechtsreif wurden. Diese waren aber bei reichlicher und kräftiger Nahrung ausgewachsen; solche, die ich extra beobachten wollte, fast ausschliesslich mit rohem Kalbfleische.

Im Freien, wo es ihnen schwerer wird, genügend Nahrung zu erlangen, kommt es gewiss häufig vor, dass Taufrösche erst im fünften Jahre geschlechtsreif werden.

Bei den Laichplätzen finden sich nie junge, noch nicht geschlechtsreife Frösche. Die kleinsten, die dort erscheinen, produzieren nur schlecht, oder teilweise befruchteten Laich, der oft auch viele leere Gallertkugeln enthält und dokumentieren dadurch ihre Jugend. Erst der erwachende Geschlechtstrieb nötigt die jungen Frösche zur Reise oder Rückkehr zu den Laichstellen. Im vierten oder fünften Jahre erst erscheinen sie dort, wo die alten dem Fortpflanzungsgeschäfte obliegen.

Albinismus bei Larven des Taufrosches.

Am 15. April 1885 war der Laich im Bärmoosweiher in demjenigen Entwicklungsstadium, wo die Larven zum grössten Teil soeben ausgekrochen waren und auf der Gallertschicht, etwas unter der Oberfläche des Wassers, einen sammetschwarzen Ueber-

zug bildeten. Auf diesem nahm ich einige weisse Stäbchen wahr, anzusehen wie weisse Tannadeln, die sich bei näherer Betrachtung aber als porzellanweisse Froschlarven erwiesen. Am Bauche sah man am noch vorhandenen Dottersack einen Stich ins Schwefelgelbe und die Augen bildeten zwei feine, schwarze, aber sehr hervorstechende Punkte. Bei weiterem Suchen fand sich ein Laichklumpen, worin alle noch vorhandenen Eier weiss waren, und woher die weissen Larven stammten. Die noch vorhandenen Eier aber waren im letzten Stadium vor dem Auskriechen. Dieser wurde ins Terrarium versetzt, wo die milch- oder porzellanweissen Larven sofort auskrochen. Bei einem Teile derselben traten indes dunklere Farbentöne auf.

Es zeigte sich nun, dass auch die ganz weissen Larven bei der Weiterentwicklung dunkler wurden. Nach neun Tagen konnte man sie indes noch leicht von normal gefärbten Larven unterscheiden. Am Schwanz blieb die bleiche Farbe am längsten sichtbar, aber am 26. April unterschieden sie sich von normalen Larven nur noch dadurch, dass sie mehr bronzene, auf der Oberfläche zerstreute Tupfen besassen.

Noch am 27. April waren diese Larven am ganzen Körper heller braun als normale und über und über bis zur äussersten Schwanzspitze dicht mit Bronzetüpfeln überstreut.

Am 14. Juni hatte die erste dieser Larven die Metamorphose beinahe überstanden. Das Fröschchen mass nun 15 mm und hatte noch einen Schwanzstummel von 7 mm. Es war etwas heller gefärbt, als ein normales junges Fröschchen. Sonst sah man ihm von Albinismus nichts mehr an. Die andern machten die Metamorphose im Laufe des Juni durch und die jungen Fröschchen waren alle wie das beschriebene.

Es war dies das erste und einzige Mal, wo ich beobachten konnte, dass ein junger Albino irgend einer Tierart im Laufe des Wachstums nach und nach wieder in den normalen Zustand überging. Auch ist es sehr selten, dass ein vollkommener Albino normale, dunkle Augen hat, wie diese Taufroschlarven, sondern die Augen erscheinen stets rot. Dieser seltene Fall von Albinismus, der im Laufe der Zeit wieder verschwindet, ist indes schon bei andern Tieren beobachtet, und als „latenter Albinismus" beschrieben worden.

Einen weitern Fall, diesmal aber nur von unvollständigem Albinismus, beobachtete ich wieder im Bärmoosweiher am 7. April 1886. Die Taufroschlarven dort waren in dem Stadium, wo sie noch auf der Gallertschicht in starker Bewegung sich befanden und die äussern Kiemen noch besassen. In dem schwarzen Gewimmel stachen eine beträchtliche Anzahl rötlicher oder schokoladebrauner ab.

Auch am 11. April konnte man diese braune Varietät noch unterscheiden, als sie 16 mm massen und die äusseren Kiemen verloren hatten. Später, als die meisten Larven, die nun im ganzen Weiher verteilt waren, 20 mm und mehr massen, konnte ich keine abnormal gefärbten mehr darunter entdecken, und ich musste annehmen, dass auch diese wieder nach und nach die normale Färbung angenommen hatten.

Der Taufrosch im Hochgebirge.

Brehm schreibt in seinem „Tierleben": In der Ebene hält sich der Taufrosch nur während der Paarungszeit und in den Wintermonaten im Wasser auf; im Hochgebirge dagegen vertritt er gewissermassen den Teichfrosch, indem er das Wasser nach einem im ersten Jugendzustande unternommenen Ausfluge kaum mehr verlässt."

Als ich am 2. September 1886 am südlichen Abhange des Monte Prosa am Gotthard, in einer Höhe von 2500 m über Meer, einige erwachsene, wohlgenährte Taufrösche fand, in einer Gegend, wo nirgends in der Nähe Wasser zu finden war, sah ich ein, dass diese Ansicht eine irrige sei. Ich fand bald nachher in einer südlich gelegenen Ausbuchtung in dem 2230 m über Meer gelegenen Sellasee, an Stellen, wo das Wasser nur wenige Centimeter tief und von der Sonne durchwärmt war, ein Gewimmel von 40—50 mm langen Larven unseres Frosches, die sich in der Metamorphose befanden, dabei schon weiter vorgerückte, bei denen die Verwandlung beinahe beendigt war, und schliesslich auf dem Lande kleine, eben fertige Fröschchen. Es war zu dieser ungewöhnlichen

Jahreszeit die Metamorphose in allen Phasen. — Erwachsene Frösche fanden sich keine beim Wasser.

Der Taufrosch verhält sich in diesen Höhen ganz gleich, wie bei uns in der Tiefe, nur beginnt wegen der dort herrschenden Temperaturverhältnisse das Laichen dort viel später, und die ganze Entwicklungsperiode ist nach dem Herbst hin verschoben. Nach dem Laichen verlässt er auch dort das Wasser und hält sich bis zum Winteranfang auf dem Lande auf. Da der Frühling und mit ihm das Laichen später stattfindet, der Winter aber früher beginnt, als in der Ebene, so gestaltet sich sein Sommerleben viel kürzer, und weil man den Frosch während und kurz nach dem Laichen, im Juni und vielleicht noch im Juli, im Wasser antraf, so nahm man mit Brehm an, er halte sich den ganzen Sommer über beim Wasser auf. Das Vorkommen von erwachsenen Fröschen am Monte Prosa und das Fehlen solcher beim Sellasee zeigte aber, dass er auch im Hochgebirge die kurze Zeit, die ihm nach der Laichzeit noch übrig bleibt, benützt, um, weit vom Wasser entfernt, an sonnigen Halden einer sehr ergiebigen Insektenjagd obzuliegen.

Wenn nun meine früher gewonnenen Schlüsse, die Entwicklungsperiode des Taufrosches sei eine sehr regelmässige, und daure etwa 87—89 Tage, nur in Ausnahmsfällen wenig länger oder kürzer, richtig waren, so musste, da ich am 2. Sept. am Sellasee zur Metamorphose kam, der Laich dort am 5. Juni oder wenige Tage früher geboren worden sein, nämlich sofort, nachdem dort eisfreie Stellen sich fanden. Herr Lombardi, Besitzer des Hotels auf dem Gotthardhospiz, teilte mir auf meine Anfrage mit, der Sellasee sei vom 10. bis 15. Juni eisfrei geworden. Er hatte also jedenfalls am 5. Juni schon eisfreie Stellen, wo die Taufrösche laichen konnten, so dass sich meine auf Beobachtungen gegründete Berechnung als richtig herausstellte.

Weitere Belege für diese Verhältnisse des Taufrosches im Hochgebirge bilden folgende Beobachtungen:

Am 12. August 1883 fand ich hart am Hüfigletscher, bei einer durch das Schwinden des Gletschers blossgelegten Gletschermühle in einer Höhe von 1514 m über Meer einen erwachsenen Grasfrosch.

Am 23. Juli 1893 fand ich einige gelbe, fleckenlose Exemplare im Alpenrosengebüsch über der Trübseealp in einer Höhe von 1900 m über Meer, weit weg vom Wasser.

Am 24. Juni 1894 traf ich am Hochstollen bei 2000 m Taufrösche an, die schon verlaicht hatten und von den Laichstellen weggewandert waren.

Am 30. August 1894 traf ich im Unteraarboden 1860—1870 m über Meer eine Menge Taufrösche im Rasen, weit weg vom Wasser.

Nach meinen bis jetzt gemachten Beobachtungen glaube ich nicht an die Möglichkeit, dass Taufroschlarven im Hochgebirge überwintern, was schon behauptet worden ist. Auch sprechen Vernunftgründe dagegen. Die Entwicklungsperioden wickeln sich nach allen meinen Beobachtungen dort oben ungefähr in der gleichen Zeit ab, wie in der Ebene, vielleicht braucht es wenige Tage mehr, so dass die Metamorphose lange ehe die rauhe Jahreszeit beginnt, vor sich geht. Im September und wenig später traf ich stets die Larven in der Metamorphose und auch in wenig tiefen Gewässern, die im Winter bis auf den Grund gefrieren, was diese zarten Geschöpfe nicht aushalten könnten. Auch habe ich noch nie im Frühlinge Taufroschlarven gesehen, oder nachweisen können.

In Metamorphose aber fand ich Larven am Simplon bei 2000 m am 7. Sept. 1889, in einer kleinen Pfütze, bei Vals, 1248 m am 21. August 1890, im Unteraarboden bei 1860 bis 1870 m am 30. August 1894 etc. etc., stets in kleinen Wasseransammlungen, die im Winter bis auf den Grund gefrieren mussten.

Man hat eine eigene Alpenvarietät oder gar Art des Taufrosches aufstellen wollen, die sich durch Grösse und Färbung auszeichne. Dieselbe existiert nicht. Alle die vielen Frösche, die ich auf meinen zahlreichen Exkursionen in die Alpen fand, zeichneten sich zwar dadurch aus, dass sie auf dem Rücken keine Flecken aufwiesen, am Bauche eine eigentümliche Marmorierung und viele eine aussergewöhnliche Grösse zeigten. Diese letztere wollte aber nichts anderes bedeuten, als dass dort, wo diese Frösche vorkommen, keine Froschschenkel gesammelt werden, die Tiere deshalb älter wurden als in der Ebene, wo sie meist schon im

ersten Jahre ihrer Fortpflanzungsfähigkeit, also im vierten oder fünften Altersjahre, oder dann in einem der nächsten Jahre abgeschlachtet werden. Einem Frosch aber, wie ich am 16. August 1890 einen bei Serneus fand, von 9 cm Länge und 6,5 cm Breite, in der Ruhe gemessen, musste ein Alter von mindestens 12 Jahren beigemessen werden.

Was die Färbung anbelangt, so findet sich der Mangel an Flecken, der in den Alpen die Regel bildet, wenn auch nicht die ausnahmslose, bei den Individuen der Ebene gleichfalls, obschon hier seltener. Von acht Fröschen, die ich im Frühlinge 1894 einem Weiher bei Brittnau entnahm, gehörten zwei der fleckenlosen Varietät an.

Die Stimme.

Schon beim Laichgeschäft ist über die Stimme des Taufrosches gesprochen und nachgewiesen worden, dass das „Murren" während des Laichens mehr ein Zeichen des Wohlbehagens als ein Paarungsruf ist. Auch wenn während der Paarungszeit Taufrösche aus dem Freien ins Terrarium gebracht wurden, so veranlasste sie die neue, ungewohnte Umgebung, das „Murren" einige Tage einzustellen, trotz der warmen Temperatur, die dort herrschte. Als aber einmal anfangs Februar 1885 ein warmer Föhn wehte, veranlasste dies die Taufrösche im Terrarium sowohl, als auch im Freien, kräftig zu murren. Man könnte diese Stimme auch ein Grunzen nennen.

Nur die Männchen sind befähigt, die Stimme ertönen zu lassen, indem sie zu beiden Seiten der Kehle je einen Stimmsack besitzen, der aber von der Haut bedeckt ist und bei den Weibchen fehlt. Die Kehle wurde beim Murren auf beiden Seiten kropfartig aufgetrieben. Ausserdem stiessen die Männchen auch gurgelnde oder schnalzende Töne aus. Alle diese Tonarten wurden von den Tieren oft auch unter dem Wasser hervorgebracht, und zwar längere Zeit hintereinander. Dieses merkwürdige Phänomen zeigt sich auch bei der Kröte und ist mir stets sehr aufgefallen.

Die Tonhöhe beim Murren oder Gurgeln war bei den verschiedenen Individuen ungefähr die gleiche und differierte höchstens um einen Ton. Doch kommen hie und da grössere Differenzen vor bei einzelnen Fröschen, die dadurch stark auffielen. Am meisten differierte im Terrarium im März 1883 einer, der um eine ganze Oktave tiefer sang, ein reiner „Froschkontrabass".

Auch zu andern Zeiten, als während der Laichzeit, hörte man von den Taufröschen das Murren des Wohlbehagens, ganz ähnlich wie beim Laichen. Wenn der Winter nahte und die Tiere schon die Winterquartiere bezogen, hörte ich oft an schönen, sonnigen Herbsttagen die Taufrösche von ihren Verstecken her ihren Gefühlen Ausdruck geben, im Freien sowohl als auch im Terrarium, im letztern auch während des Winters, wenn die Wärme zu ihnen kam.

Am 18. Oktober 1893 abends 5 Uhr in der stillen Einsamkeit nahe meinem kleinen Landhäuschen wurde ich bei feuchtwarmer Herbstwitterung durch die bekannten in meiner Nähe erklingenden Töne auf einen einzelnen Taufrosch aufmerksam gemacht, der sich unter einem in der Sonne stehenden Blumenkübel ebenso behaglich fühlte, wie ich selbst an diesem schönen Herbstabende.

Nicht immer aber war dieses Murren der Taufrösche ein Ausdruck des Wohlbehagens, sondern es wurde auch hervorgebracht aus Missmut, Aerger oder Schmerz, jedoch klangen diese Töne dann nicht mehr ruhig und gemütlich, sondern wurden rasch und mit unregelmässigen Unterbrechungen, hastig ausgestossen. Man merkte es sofort, dass demselben eine besondere Ursache zu Grunde lag. Das geschah zum Beispiel während der Laichzeit, wenn ein Froschmännchen von einem andern oder von einem Krötenmännchen geritten wurde, oder wenn eines beim Erfassen eines Regenwurmes einem andern zuvorkommen wollte und dabei auf dieses zu sitzen kam. Durch eifriges Murren wurde dann zu verstehen gegeben, dass diese Störung höchst unangenehm berühre.

Es muss hier auch noch der Töne gedacht werden, welche die Taufrösche ausstiessen, wenn sie sich in Todesangst befanden, namentlich wenn sie von einer Ringelnatter in die Enge getrieben waren. Diese waren dann dem ängstlichen Wimmern eines kleinen Kindes gar nicht unähnlich. Im Terrarium war ich im Sommer 1882 öfters Zeuge dieses bemühenden Vorganges. Als ich nun

eines Tages mit meinem Stocke einen Taufrosch aus einem Verstecke hervorholen wollte, fing dieser dasselbe klägliche Gewimmer an, indem er offenbar den Stock für eine Schlange hielt, vor dem er sich eben in dieses Versteck geflüchtet hatte. Es gelang mir in jenem Sommer, wo ich Ringelnattern im Terrarium hielt, oft, den Taufröschen mit einem plötzlich vorgehaltenen Stocke oder Besenstiel diese Klagetöne zu entlocken, und ich kam hiedurch auch zur Einsicht, dass sie im Terrarium wegen den Schlangen in beständiger Todesangst lebten, was mich veranlasste, diese letztern zu entfernen. Seitdem keine Schlangen mehr anwesend sind, kann das Experiment nicht mehr gemacht werden.

Es ist mir von Landleuten mitgeteilt worden, dass man in ihren Kreisen weiss, wie dem Taufrosch unter Umständen mit einem „Heugabelstiel“ ein klägliches Geschrei entlockt werden kann, und man das Experiment bei den Sommerarbeiten oft ausführe, wenn sich Gelegenheit biete. Es gelang aber jedenfalls nur dann, wenn der Frosch kurz vorher von einer Schlange verfolgt worden war.

Die Häutung.

Während der Paarung und gleich nachher häuteten sich die Taufrösche im Wasser. Die Haut ging hiebei in Stücken oder Fetzen ab, und der ganze Vorgang war gewöhnlich gar nicht auffällig. Wenn man aber den richtigen Moment traf, so konnte man sehen, dass der Frosch von der sich ablösenden alten Haut wie mit einem leichten, wallenden, durchsichtigen Schleier eingehüllt erschien, der ihn beim Schwimmen eigentümlich umschwebte und als ein fremdartiges Geschöpf in „geisterhafter Hülle“ erscheinen liess. Im Terrarium konnte ich diese Erscheinung öfters beobachten.

Nur diese erste Häutung im Jahr vollzog sich im Wasser. Alle späteren fanden im Trockenen statt, und zwar eine etwa Ende Mai oder anfangs Juni, eine andere im Juli und eine dritte im Herbste, also im ganzen vier im Jahre. Je nach der Witterung verschoben sich aber diese Häutungszeiten, erschienen in kühlen

Sommern später, oft nur dreimal, in recht warmen Sommern aber schneller aufeinander. Jedoch konnte ich nie fünf Häutungen konstatieren.

Oft konnte ich beobachten, sowohl beim Häuten im Wasser, als auch im Trockenen, dass Lurche hiebei ihre Haut verschluckten. Anfangs Juni 1883 z. B. hatte ein Taufrosch den Kopf zwischen die Vorderbeine eingezogen und von der Brust die sich ablösende Haut mit dem Maul gepackt. Oft sieht man dann die alte Haut wie einen Zügel durch das Maul gezogen, und es macht den Tieren viele Mühe, bis sie sich der zähen, alten Haut, die oft zu Strängen zusammengestossen wird und in den Leib einschneidet, entledigt und sie verschluckt haben. Das dauerte oft tagelang und wenn man dann zu Hülfe kam und die alte Haut sorgfältig löste und wegzog, so ersparte man ihnen viele Mühe und sie liessen es gerne geschehen.

Das Fressen.

Während der Laichzeit.

Während der Laichzeit frassen die Taufrösche gar nichts. Erst nachdem sie sich ihrer Vermehrungsstoffe vollständig entledigt und sie die Laichplätze verlassen hatten, war nun den ganzen Sommer über ihre einzige Sorge die Beschaffung der Nahrung. Sie verteilten sich, nachdem sie von den Laichplätzen fortgezogen, über das ganze Gebiet, und jedes Individuum lebte für sich als Einsiedler und unternahm nächtliche Streifzüge nach Gliedertieren, Nacktschnecken und Regenwürmern. Der Taufrosch ist zwar zu jeder Tageszeit bereit, in seinem Verstecke Beute zu ergreifen, aber erst nachts verlässt er seine Höhle und geht nach Nahrung auf Raub aus.

Art der Nahrung.

Die Art seiner Nahrung stempelt ihn zu einem eminent nützlichen Tiere, weil es solche ist, die von andern Tieren, namentlich den Vögeln, nicht verzehrt wird. Aus dem gleichen Grunde ist er aber auch ein widerlicher Schlemmer und Prasser, der alles

frisst, was sich vor ihm auf der Erde bewegt und was er bewältigen kann. Sein Geschmack ist, wie bei allen Vielfressern, auf keiner besondern Höhe; denn man kann ihn selbst verwestes Aas fressen machen, wenn man es nur vor ihm bewegt. Wenn er einmal etwas mit dem Maul erfasst hat, so wird es sicher verschluckt, wenn es auch eine für ihn unnatürliche Nahrung ist, wie Aas, Brot u. dgl.

Kleinere Nahrung wurde durch Auswerfen der klebrigen, vorn im Munde angewachsenen und nach dem Schlunde zurückgeschlagenen Zunge erhascht und in einem Nu in den Mund befördert. Grössere Beute wurde stets sofort, oder nachdem ein Versuch mit der ausgeworfenen Zunge misslungen war, mit dem Kinnladen gepackt.

Angreifende und ruhende Stellung.

Ehe er zugriff, nahm er in jedem Falle eine angreifende Stellung ein. In der Ruhe sass er nämlich mit eingezogenen Beinen da. Der Bauch lag auf der Erde und auf die Vorderbeine stützte er sich nachlässig auf, infolgedessen die Brust etwas vom Boden entfernt und der Kopf ein wenig nach oben gerichtet war, so dass man an der Kehle die Atembewegungen sah. Nahte sich nun eine Beute, so erhob er sich, setzte beide Vorderfüsse um einen Schritt vor, so dass die hintern Beine etwas ausgestreckt wurden. Der ganze Körper war nun von der Erde erhoben, der Kopf nach der Beute gerichtet, dieselbe begierig betrachtend, und das Tier war bereit zum Ausfall. Wenn nötig, ward noch einige Schritte vorgerückt, um in die richtige Nähe zur Beute zu kommen. Dann nach einigen kurzen Augenblicken der Ueberlegung erfasste der Frosch die Beute.

Manipulationen beim Fressen.

War diese grösserer Art, so wurde sie mit Zuhülfenahme der Vorderfüsse in den Mund befördert. Ein Regenwurm wurde in der Mitte oder an einem Ende gepackt, so dass entweder ein Teil, oder zu beiden Seiten einer heraushing. Dann wurde mit einer Vorderpfote das auf der gleichen Seite hervorragende Ende auf die andere Seite geschoben, wobei der Frosch mit dem Maul

zugleich schnappte, so dass ein weiteres Stück hinein befördert wurde. Nun ragten beide Wurmenden auf der andern Seite hervor, wurden jetzt rasch mit der andern Vorderpfote wieder auf die entgegengesetzte Seite geschoben, wobei wieder ein Stück verschwand, und so fort, bis der ganze Wurm bewältigt war.

Die Manipulation mit den Vorderfüssen war keine unwesentliche oder zufällige, was sich im Sommer 1883 an einem Taufrosche, dem der rechte Vorderfuss fehlte, recht augenfällig zeigte. Bei seinen Bemühungen, den Wurm hinein zu befördern, blieb dieser jedesmal an der rechten Seite des Maules stehen, weil dort der fusslose Stummel seinen Dienst versagte, und nur mit der grössten Mühe konnte er ihn vollends verschlingen. Schliesslich gewöhnte er sich daran, dass man ihm half, indem man mit einem Stäbchen den Wurm nach links drückte, wobei der Frosch schnappte und dann auf der linken Seite selbst seine Pflicht that. Infolge seiner Verstümmelung kam dieser Frosch beim Fressen etwas zu kurz und blieb etwas magerer, als seine Kameraden.

Alle Anuren des Terrariums frassen auf diese Weise, nur in der Schnelligkeit, womit sie die Beute in den Mund beförderten, war ein Unterschied. Am schnellsten war der grüne Wasserfrosch, langsamer der Wasserfrosch, der auch vor dem Angriff länger überlegte, und am langsamsten und bedächtigsten die Kröte.

Balgerei beim Fressen.

Es kam aber auch in Betracht, ob das Tier mehr oder weniger Hunger hatte. Bei grossem Hunger verlor der Taufrosch leicht Besonnenheit und Seelenruhe, und machte sich dann lächerlich, wenn er in Compagnie Nahrung vorgeworfen erhielt, und jeder der erste sein wollte, der davon etwas erwischte. Dabei entstand oft eine allgemeine Verwirrung und Balgerei unter ihnen. Als ich einmal, am 16. August 1882, einen Regenwurm zwischen vier Taufrösche warf, schnappte sogleich einer ins Blaue hinaus, wobei er auf den Wurm zu sitzen kam. Die andern fuhren nun ebenfalls mit Auswerfen der Zunge blindlings zu, immer nach der Seite hin, wo sich etwas bewegte. Einer packte hiebei in der Hitze des Gefechtes den andern am Kopfe, ein anderer einen am Beine oder sonst irgendwo, und sie lieferten sich einen förmlichen

Kampf. Ein bedächtiger kam inzwischen ruhig von hinten, erfasste die Beute und entführte sie. „Duobus litigantibus tertius gaudet!"

Oefters kamen im Terrarium solche „Keilereien" vor, die aber keinen eigentlichen Streit vorstellten, trotzdem auch andere Zuschauer bei einem solchen Anblick den Ausdruck gebrauchten: „Sie hauen sich." Sobald sich die Verwirrung gelegt hatte, sass jeder wieder ruhig und würdevoll auf seinem Posten, und kein Zeichen des Zornes war mehr sichtbar. Auch das Anpacken eines Nachbars war ein Zufall und geschah im Eifer und aus Begierde, einen Bissen zu erwischen; denn es kam auch vor, dass einer einen Regenwurm schon zum grössten Teil verschluckt hatte, als ein zweiter hitzig nach dem noch nicht verschluckten Teil schnappte und dabei auch des andern Kopf erwischte, den er nun mit seinen Vorderfüssen bearbeitete, in der Meinung, er habe es nur mit dem Wurm zu thun: Erst nach einiger Zeit sah er seinen Irrtum ein und liess los.

Nachdem beim Fressen die Beute im Mund verschwunden war, erfolgten noch einige am Halse sichtbare Schluckbewegungen; dann wurde, namentlich wenn ein grösserer Bissen verschlungen worden war, noch eine kräftige, längere Schluckbewegung unter Schliessung der Augen gemacht, und wenn diese sich wieder öffneten, so war's vorbei. Das Tier war gewöhnlich bereit, sofort einen neuen Bissen einzunehmen.

Regenwürmer als Nahrung.

Regenwürmer bildeten zeitweise im Terrarium die Hauptnahrung, von denen sie sehr grosse und auch oft mehrere hintereinander verschlangen, als wahre Nimmersatte. Oft hatte ein Frosch einen grossen Regenwurm noch nicht ganz verschluckt und schnappte schon wieder nach einem zweiten. Trotz ansehnlicher Korpulenz waren die Taufrösche im Terrarium sehr gefrässig bis im Hochsommer, wo sie die im Winter und beim Laichen verlorenen Stoffe wieder ersetzt hatten und die Fresslust abnahm.

Es kam auch etwa, obschon selten vor, dass einer an einem allzugrossen Regenwurm erstickte; so am 2. Mai 1882 ein junges, etwa halberwachsenes Tier. Es lag am Morgen tot da, und der grosse Wurm, der seinen ganzen Leib ausfüllte, hing noch teilweise zum Maul heraus.

Andere Nahrungsmittel.

Beliebte Leckerbissen bildeten auch die Mehlwürmer, die, vorgeworfen, selbst von frisch eingesetzten Fröschen gerne genommen wurden, und womit man sie bald zahm und zutraulich machen konnte.

Dadurch, dass ich einen Gegenstand, an eine Nadel gespiesst, vor ihrem Kopfe bewegte, konnte ich die Taufrösche oft täuschen und Dinge verschlingen machen, die sonst nicht zu ihrer Nahrung gehörten, so tote Tiere, als Fische, Schnecken, Engerlinge und Regenwürmer, sogar wenn sie schon in Fäulnis übergegangen waren und nach Aas rochen. Auf diese Art hatte ich sie bald so fett gemästet, wie man im Freien keine sah. Es war hieraus ersichtlich, dass der Geschmackssinn und der Geruchssinn sehr schlecht ausgebildet sind. Wenn ein Aas vor ihrer Nase bewegt wurde, so atmete der betreffende Frosch wohl rascher darnach aus und ein. Er witterte und roch auch etwas; denn es ging länger, bis er zuschnappte, als bei einer frischen Beute. Er that es aber schliesslich dennoch, und wenn sie einmal im Maul war, verchluckte er die Beute trotz Geruch und allem, was ihn warnte, wenn auch mit etwas Zurückhaltung. Eine solche Mahlzeit hatte nie nachteilige Folgen. Mit Kröten konnte ich dieses Experiment nie fertig bringen.

Gehäuseschnecken als Nahrung.

Ein Mastmittel für meine Taufrösche bildeten die Gehäuseschnecken, namentlich Helix hortensis Müll., Helix nemoralis L. und Helix arbustorum L. Letztere Art mit schwarzem Tier hatte das zarteste Fleisch und wurde am liebsten genommen. Sie wurden aufgeklopft und vom Gehäuse befreit anfänglich an die Nadel gespiesst vorgehalten, bis sich die Frösche daran gewöhnt hatten. Dann genügten die konvulsivischen Bewegungen der „enthülsten" Schnecken, um sie zum Zuschnappen zu bringen, und es wurden oft mehrere hintereinander verschluckt, bis sechs Stück. Meist entfernte ich die Schalen der Schnecken, und namentlich die Spirale, die stets scharfe Kanten und Spitzen aufwies, sorgfältig. Doch sah ich oft, dass, wenn auch scharfe Spitzen heraussahen, sie doch verschluckt wurden, ohne Nachteil. Der Frosch stellte

sich, wenn es recht schmerzhaft im Hals ritzte, stramm und hoch auf die vordern Beine, bog den Kopf steif nach oben, selbst etwas nach rückwärts und schloss die Augen dazu, so dass man glaubte, er habe sich stark verletzt. Allein die Schnecke glitt langsam in den Magen, wo alles verdaut wurde.

Als die Taufrösche einmal an die Gehäuseschnecken gewöhnt waren, verschlangen sie auch solche, welche sie bewältigen konnten, bis zu 1 cm Durchmesser freiwillig samt dem Gehäuse und verdauten auch dieses letztere. Ich sah einmal, dass einer sechs hintereinander verschluckte. Im Freien kommt dies nicht vor.

Maikäfer als Nahrung.

Maikäfer wurden von den Taufröschen mit Vorliebe verspeist, obschon sie beim Verschlucken einige Mühe verursachten. Allein diese wussten sich zu helfen. Der erfasste, harte, krabbelnde Käfer wurde gegen die Erde gestemmt, und dann mit den Hinterbeinen dagegen gesperrt und gestossen, mit den Vorderbeinen aber nachgeholfen, damit die stachlig bewehrten Beine des Käfers in die richtige Lage kamen. Nach vieler Arbeit war dieser im Maul verschwunden, eine wirklich recht angenehme Mahlzeit. Prosit!

Ich verbrachte oft abends grosse Quantitäten Maikäfer ins Terrarium, wo auch andere Tiere an dieser Nahrung Gefallen fanden, und des andern Morgens waren sie stets verschwunden. Nachdem die Maikäferzeit vorbei war, fütterte ich in Jahren, wo der Käfer in grösserer Menge vorkam, auf gleiche Weise den Juniuskäfer, Rhizotrogus solstitialis L.

Kalbfleisch als Nahrungsmittel.

Wenn Nahrungsmangel eintrat, und um die teuren Mehlwürmer zu sparen, wickelte ich in ein Riemchen frischen, rohen Kalbfleisches einen solchen so ein, dass der Kopf und das hintere Ende hervorsahen und warf dies vor. Der sich bewegende Mehlwurm erweckte die Aufmerksamkeit des Tieres, und dieses schnappte bald das ganze Paket weg. Bald waren nicht nur die Tau- und grünen Frösche, sondern auch die Kröten an diese Nahrung so gewöhnt, dass sie das Fleisch auch von der Nadel nahmen, wenn

man es vor ihnen bewegte. Auch junge Frösche zog ich mit dieser Nahrung auf.

Die Meinung, dass sich nur das weiche, rote Fleisch zum Füttern der Frösche eignete, erwies sich als unrichtig, indem ich durch Experimente feststellte, dass auch sehnige Teile, wenn sie vorher genügend zerkleinert wurden, ihnen nichts schadeten, wenn sie nicht allzu häufig gereicht wurden.

Stechende Insekten.

Es stellte sich im Terrarium auch heraus, dass der Taufrosch gegen die Stiche von Wespen und Bienen immun sei und diese Insekten sogar gerne zu seiner Nahrung erwählte. Um zu sehen, wie er sich gegen die Hornisse verhalte, warf ich im Juni 1884 einem eine lebende, nur etwas betäubte Hornisse vor, die wütend um sich stach. Sie wurde sofort verschluckt und ich erwartete nun sicher, der Frosch werde sie sofort wieder ausspeien, oder dann an den innerlich erhaltenen Stichen verenden. Nichts von alledem geschah. Es erfolgten einige konvulsivische Schluckbewegungen, Augenschliessen und einige Augenverdrehungen, dann aber war alles ruhig. Die Hornisse wurde verdaut, und der Frosch lebte weiter.

Schliesslich brachte ich es dazu, dass mir meine Taufrösche auch Brot von der Nadel nahmen, oft das gleiche Exemplar mehrere Stücke.

Raupen als Nahrung.

Als ich im Mai 1883 einem Taufrosch einen Knäuel solcher Schmetterlingsraupen vorwarf, die spinnen und die Gespinstfäden stets im Munde erzeugen, so warf er sofort die Zunge darnach aus und schnappte eine oder einige davon ein. Aber im gleichen Momente spürte er die Gespinstfäden, die unangenehm auf der Zunge anhafteten und warf die Beute sofort wieder aus. Da die Fäden, und durch sie die Raupen ziemlich fest an der Zunge klebten, so blieb diese einige Zeit ausgeworfen, oder ausserhalb des Mundes, wobei ihre Beschaffenheit und Form bequem gesehen werden konnte, namentlich der breite, etwas ausgebuchtete, in der Ruhe nach dem Gaumen hin zurückgeschlagene Teil. Das Experiment konnte stets leicht gemacht werden.

Flinkheit.

Bei den zahmen Taufröschen des Terrariums kam die Flinkheit und grössere Gewandtheit gegenüber der Kröte nicht sehr zur Geltung. Diese zeigte sich nur an frisch eingesetzten (wilden) Fröschen und namentlich beim Erbeuten von raschen Tieren, wie dahin huschenden Spinnen oder fliegenden Insekten. Im Juni 1890 hatte ich einige zwei- bis dreijährige Frösche heimgebracht, die ich anfangs fälschlich für Rana agilis gehalten hatte. Agiles waren indessen diese in der Freiheit aufgewachsenen und noch an den Kampf ums Dasein gewöhnten doch; denn als ich sie unter einen grossen Glastrichter gesetzt und tags darauf durch das Trichterrohr einige Bremsen hineingelassen hatte, wurden diese mit ungeahnter Schnelligkeit im Fluge erhascht, und eine Spinne, die schattenhaft schnell davon eilte, wurde mit blitzschnellem „Stoss mit Ausfall“ erbeutet. Eine entronnene Bremse wurde von einem ebenfalls entronnenen Frosche im Fluge erschnappt, indem er hinter einem Blumentopfe hervor urplötzlich nach ihr sprang. Diesen gegenüber erschienen meine gemästeten Dickbäuche als verkommene Schlemmer.

Jedesmal, wenn ich Frösche aus der Freiheit ins Terrarium verbrachte, konnte, bis sie angemästet waren, an ihnen diese Flinkheit beobachtet werden. Sie kamen dann in der ersten Zeit nur nachts zum Vorschein, ergriffen und frassen aber alles, auch Regenwürmer, mit wilder Schnelligkeit. Bei guter Fütterung verfielen sie aber bald in phlegmatisches Wesen und Fettleibigkeit. Sie verdummten im Umgange mit dem Menschen.

Der Taufrosch ist kein Fischfeind.

Die Frage ist oft erörtert worden, ob der Taufrosch auch Fische oder deren Laich fresse, und namentlich in Fischerkreisen wird er dieses Verbrechens oft bezichtigt. Der Taufrosch ist aber kein Fischräuber und noch weniger raubt er Fischlaich, schon aus dem einfachen Grund nicht, weil er überhaupt unter Wasser nichts ergreift oder verzehrt. Selbst nachdem die Frösche des Terrariums schon jahrelang daran gewöhnt waren, ihre Nahrung von mir dargereicht zu erhalten, zum Teil sogar aus der Hand frassen und zu Zeiten, wo sie beständig bereit waren, solche dargereichten Bissen

mit Heisshunger zu verschlingen — es gelang doch nie, sie unter Wasser etwas ergreifen zu machen.

Nun kann es aber vorkommen, dass z. B. ein Weiher, in dem sich Fische befinden, abgelassen wird zur Zeit, wo sich auch Frösche darin befinden. Wenn dann im Schlamm vor einem hungrigen Taufrosch ein Fischchen zappelt, so wird es richtig von ihm erfasst und verschlungen. Nicht die Art der Nahrung bestimmt den Taufrosch zum Zugreifen, sondern die Art und Weise, wie sie sich ihm darbietet. Sie muss sich vor ihm bewegen auf dem Trockenen oder an der Wasseroberfläche. Wenn dann ein solches Attentat auf einen Fisch beobachtet wird, so ist man schnell bereit, den Frosch als Fischräuber zu erklären.

Auch wenn kleine Fischchen, wie Ellritzen, sich auf seichte Stellen begeben, um zu laichen, wo sie dann oft mit dem Rücken über die Wasserfläche herausragen, kann es vorkommen, dass etwa eines von einem anwesenden Taufrosche erhascht wird. Der Brief eines Fischers, worin derselbe über diesen „Fischräuber“ den Fluch schleudert, scheint mir auf ein solches Begebnis hinzudeuten.

Bei den Experimenten, wo versucht wurde, den Taufröschen im Terrarium durch Täuschung kleine, tote Fische beizubringen, gelang dies viel schwieriger, als mit Aas und andern Dingen. Auch diese Thatsache weist darauf hin, dass Fische nicht zur natürlichen Nahrung dieser Lurche gehören. So lange nicht nachgewiesen werden kann, dass der Taufrosch tief unter Wasser etwas ergreift oder frisst, was mir unmöglich scheint nach zwanzigjähriger Beobachtung, darf er nicht als Fischschädling erklärt werden.

Der Taufrosch und die Kröte sind Nachttiere.

Die Behauptung vieler Autoren[1]), der Taufrosch und die Kröte seien Nachttiere, beruht auf der Beobachtung, dass diese beiden Tiere zu jeder Zeit des Tages bereit waren, zu fressen. Dies zeigte sich namentlich in der Gefangenschaft; aber auch im

[1]) Knauer, „Die Lurche.“

Freien, wenn sie Hunger haben, sieht man sie öfters Nahrung zu sich nehmen.

Jedoch konnte man im Terrarium auch sehen, dass diese beiden Lurche, wenn sie schon daran gewöhnt waren, ihre Nahrung während des Tages zu erhalten, dann doch stets an der gleichen Stelle blieben, dem von ihnen gewählten Platze, auf dem sie den Tag zubrachten. Wenn man aber das Terrarium nachts betrat, so hatte sich das Bild vollständig geändert. Alle hatten ihre Plätze verlassen und waren überall zerstreut, meist weit entfernt von der Stelle, die sie am Tage inne hatten, auf der Lauer oder schwärmten umher. Aufmerksam spähte die Kröte nach einem weit weg sich bewegenden Regenwurme, die Grasfrösche thaten dasselbe und hüpften im Terrarium an Stellen herum, wo sie am Tage nie zu sehen waren. Am Morgen aber waren alle wieder auf ihren Stellen, wo sie gewohnt waren, den Tag zuzubringen. Das waren ihre Ruhestellen. Und wenn sie hier den Tag über auch Nahrung zu sich nahmen, so geschah dies doch phlegmatischer als bei Nacht, und sie erkannten ihre Beute auch nicht so schnell: das Auge war der Nacht angepasst.

Auch im Spätherbste, wo diese Tiere schon ihre Winterquartiere bezogen hatten und am Tage nur noch selten, bei schönem, warmem Wetter zu sehen waren, hatten sie die Gewohnheit, nachts noch zum Vorschein zu kommen und herumzuwandern.

Im Herbste 1883, wo ich dieser Erscheinung besondere Aufmerksamkeit schenkte, sah ich jeweilen zwischen 11 und 12 Uhr nachts, am 4. Nov. z. B. noch 30 Grasfrösche und Kröten, am 5. 25, am 8. 23, am 9. Nov. 20, u. s. f. bis Ende November. An all diesen Tagen sah man unter Tags kein einziges Exemplar.

Auch im Dezember des gleichen Jahres fand ich nachts noch oft wandernde Taufrösche und Kröten, während man sie am Tage höchstens in der Steingruppe, worin sie sich aufhielten, murren hörte, so am 17.—18. Dez. noch 19 Exemplare. Es wurde im Terrarium geheizt, aber die Temperatur nur niedrig behalten, und diese war nachts noch niedriger als am Tage, nur etwa 8° C.

Dasselbe wiederholte sich alle Jahre, in denen Taufrösche gehalten wurden. Als einmal der Ofen, der das Terrarium erwärmen sollte, statt in diesem, in einem benachbarten Zimmer stand, aus dem das Rohr durch das offene Fenster ins Terrarium führte, kamen die Frösche alle Nacht in das Zimmer, indem sie der Wärme nachgingen. Jeden Morgen mussten einige wieder auslogiert werden. Am Tage geschah dies nicht ein einziges Mal.

Alle diese Thatsachen, die sich Jahr um Jahr gleich darboten, beweisen zur Genüge:

Frösche und Kröten sind Nachttiere!

Allgemeines.

Geistige Eigenschaften.

Die geistigen Eigenschaften des Taufrosches stehen nicht sehr hoch. Am meisten Intelligenz entwickelt er beim Fressen, namentlich der in der Freiheit lebende, der noch im Kampfe ums Dasein die geistigen Kräfte entwickeln und stärken muss. In der Gefangenschaft, wo sie stets gefüttert wurden, und keine Feinde zu fürchten hatten, wurden diese Lurche bald fett, faul, dick und dumm, was man dann „zahm“ nannte.

Zeit- und Ortskenntnis.

Eine hervorragende Eigenschaft war die Zeit- und Ortskenntnis, die sie im Terrarium zeigten. Als ich diese Tiere regelmässig nachts nach 10 Uhr fütterte, kamen sie stets um diese Zeit zu der Stelle, wo sie gefüttert wurden, und als ich sie in frühern Jahren, wo ich mich noch mehr mit ihnen abgab, jeweilen mittags zwischen 12 und 1 Uhr fütterte, hatten sie sich auch bald diese Zeit gemerkt und kamen selbst, als ich den Eidechsen an einer andern Stelle ihr Futter vorwarf, auch dorthin, um sich noch etwas zu erbeuten.

Im Sommer 1882 hielten sich etwa 30 Taufrösche im Terrarium auf und in einer Steininsel. Bei kühlem Wetter waren sie verborgen, kamen aber auch dort, so bald sie Hunger hatten, hervor, die grossen, schwarzen, hervorstehenden Augen nach der

Seite hin gerichtet, woher ich kam, den sie als Nahrungsspender wohl kannten.

Es zeigte sich immerhin in Bezug auf geistige Begabung ein individueller Unterschied. Ausser den schon erzählten Thatsachen, wo ein solcher Unterschied im allgemeinen zwischen „zahmen“ und „wilden“ Taufröschen zu Gunsten der letztern nachgewiesen worden ist, zeigte sich an in der Freiheit lebenden ein solcher bei einem Vorgange in der Nähe vom Haldenweiher. Am 5. März 1885 waren dort mehrere Paare in Kopulation in trübem Wasser. Bei meiner Ankunft wollten sie in der Tiefe verschwinden, und bewerkstelligten dies in der Weise, dass sie sich zuerst durch schwerfällige Bewegungen mit den hintern Beinen nach unten drehten und dann mit den Köpfen voran nach unten schwammen. Ein Paar aber war bedeutend gescheiter als alle andern; denn es vollzog die Drehung nach unten nicht, sondern stiess nur einige Luftblasen aus und versank, mit den Köpfen nach oben, schnell rückwärts in die Tiefe. In dem allgemeinen Getümmel, das durch die Bewegungen der andern Paare beim Umdrehen nach unten entstanden war, fiel diese Manipulation ungemein auf.

Die Sinne.

Ueber den Geschmacks- und den Geruchssinn ist schon beim Kapitel über das Fressen gesprochen worden. Der letztere kam auch zur Geltung beim Verhältnis des Taufrosches zu seiner grössten Feindin, der Ringelnatter. Er kannte genau den Geruch, den diese ausströmte und geriet in die grösste Angst, wenn eine solche in der Nähe war, auch wenn er sie nicht sah, währenddem er vor einer Würfelnatter, die nicht zu seinen natürlichen Feinden gehörte, keine Angst oder Furcht verriet, bis einmal eine, aus Mangel an anderer Nahrung, einen Taufrosch angriff, der aber wieder entrinnen konnte. Nun flüchtete er auch vor ihr, wenn er sie sah, verriet aber keine Angst, wenn er sie nicht sah, auch wenn sie in der Nähe war. Die Taufrösche sehen bei Nacht besser als bei Tage. Vom Gehör ist nichts Aussergewöhnliches zu sagen.

Farbenanpassung.

Der Taufrosch besitzt das Vermögen der Anpassung auf zweierlei Art. Erstens weiss er sich an solche Stellen zu setzen,

zu denen das Kleid, das er gerade trägt, passt, und zweitens kann er hellere und dunklere Farbentöne annehmen. Am besten kann man das an einem Beispiel im Terrarium demonstrieren. Im Sommer 1882 hatten 25—30 Frösche ihren Aufenthalt auf einer, zum Teil mit Erde bedeckten Tropfsteingruppe, welche an einer dunkeln Stelle eine Insel in einem Bassin bildete, gewählt. Sie sassen am Tage stets Kopf an Kopf auf dieser Stelle. Fast immer, wenn Zuschauer ins Terrarium kamen, übersahen sie diese Gruppe, erblickten sie oft erst auf wiederholtes Hinweisen mit den Fingern und konnten dann gar nicht begreifen, dass sie dieselben nicht gesehen hatten. An dieser Gruppe nahmen nun sowohl solche Tiere teil, die ihre natürliche gelbe bis braune Farbe mit und ohne schwarze Flecken beibehalten hatten, als auch solche, die dunklere Farbentöne angenommen. Die ersteren sassen mehr im Vordergrunde, gelbe an gelben Tropfsteinzapfen; am Fusse dieser, wo sich schon etwas dunkle Erde befand, sassen schwarzgefleckte, und weiter hinten dunklere, zuhinterst fast schwarze. Diese letztere Farbe hatten sei erst nach wochenlangem Aufenthalte im Dunkeln angenommen, und man findet diese Färbung sehr selten. Die Zuschauer bewunderten die schwarzen Frösche stets als seltene Art. In der Nacht streiften diese Frösche im ganzen Raum herum und verliessen diesen Platz auch bei kühler Witterung. Jedesmal, wenn sie ihn wieder einnahmen, gruppierten sie sich wieder so, dass sie angepasst waren, wenn auch die einzelnen Individuen nicht immer den gleichen Platz einnahmen. Meiner Frau, die in meiner Abwesenheit die Tiere besorgte, fiel das alles so auf, dass sie mir schrieb: „Es ist so merkwürdig, dass im Terrarium alle Lurche ihr gewisses Revier inne halten und sich nicht untereinander mischen. Wenn sie auch am Tage oder bei ihren nächtlichen Streifereien ihren Platz verlassen, so sind sie doch immer am Morgen wieder auf ihrem Platz versammelt, die Feuerunken besonders, die grünen Frösche besonders, die Kröten besonders; nur die gelben und schwarzen Frösche sind untereinander.“ Auch sie hielt also diese für zwei Arten.

Im Freien kamen so dunkel gefärbte Frösche selten vor, und lange war ich im Glauben, nur im Terrarium komme diese Farbenanpassung vor. Im April 1890 fand ich aber beim Bärmoosweiher in einer dunklen Ecke eines teilweise mit Laden zuge-

deckten Fischzuchtweiherchens einzelne solche, fast schwarze Frösche. Es ist dies die grösste Abweichung von der gewöhnlichen Lehmfarbe, die bei dieser Lurchart vorkommen kann.

Sommerschlaf.

Wie bei andern Lurchen hat man auch beim Taufrosch von einem Sommerschlafe gesprochen, der aber nicht existiert. Ich kam bei der Kröte und bei andern Lurchen und auch hier zu den gleichen Resultaten. Es trat im Hochsommer ein Ruhezustand ein, wenn die Tiere sich wieder herausgefressen und die letzten Winter und während der Laichzeit verbrauchten Stoffe ersetzt hatten. Dann nahm der Appetit wieder ab, und sie zogen sich bei grosser Hitze in Verstecke zurück, kamen aber immer von Zeit zu Zeit wieder hervor, wenn sie Hunger hatten und liessen sich auch in ihren Verstecken füttern, wenn man sie auffand. Im Herbste kamen sie wieder mehr zum Vorschein. Von der oben, bei der Farbenanpassung erwähnten Gesellschaft von 25 bis 30 Fröschen verschwanden im Juli so nach und nach alle bis auf zwei. Es machen also auch nicht alle Individuen diese Erscheinung des sogenannten Sommerschlafes mit.

Feinde: Der Mensch.

Im übrigen gestaltete sich das Sommerleben der Taufrösche auch im Freien zu einem recht idyllischen. Sie hatten meistens Nahrung in Hülle und Fülle, und auch von Feinden hatten sie in dieser Zeit weniger zu leiden, als im Frühling bei den Laichplätzen.

Als erster und grösster Feind muss der Mensch genannt werden, der die Froschschenkel als Delikatesse betrachtet und deshalb im Frühlinge eifrig Jagd auf das Tier macht. Ueber die Tierquälereien, die hiebei ausgeübt werden, ist schon so viel geschrieben worden, dass hier nur die Thatsache erwähnt werden mag, dass sie noch heute stattfinden. Es wird aber dabei auch arge Raubwirtschaft getrieben, indem die Frösche schon im Herbst und Winter in ihren Schlupfwinkeln massenhaft gesammelt werden, und im Frühlinge bei den Laichplätzen, wo dann meistens auch noch der Laich zerstört wird. Es herrscht eben der Glaube, die

Taufrösche seien nicht auszurotten, und doch ist das sehr leicht. Schon mancher, früher stark besuchte Laichplatz ist jetzt leer, und die Froschschenkelsammler müssen heute jeden Wassergraben absuchen, währenddem sie früher nur grössere Laichstellen berücksichtigten. Es wäre bei gutem Willen leicht, allen diesen Uebelständen abzuhelfen, aber man lässt die Sache gehen, bis sie noch schlimmer wird [1]).

Die Ringelnatter.

Der grösste natürliche Feind ist unstreitig die Ringelnatter, die ihm das ganze Jahr hindurch nachstellt, und die er auch als solchen sehr genau kennt, indem er schon in Angst und Schrecken gerät, wenn er sie riecht, was auf weite Entfernung geschieht. Beim Anblick einer Ringelnatter macht der Taufrosch nur kurze Zeit Versuche zu entfliehen und ergiebt sich bald unter Ausstossung des Angstgeschreis, das er, wie früher schon erwähnt, wenn er den Feind in der Nähe weiss, auch ausstösst beim Vorhalten eines Stockes. Noch ehe die Schlange ihn ergreift, verstummt dieses Geschrei, indem der Frosch nun durch die Schlange hypnotisiert ist, gebannt, wie der Volksmund von alters her sagt, was man aber lange als Aberglauben ansah. Der Frosch bleibt nun während der ganzen Prozedur des Verschlungenwerdens in diesem Zustande, giebt keinen Ton mehr von sich und wehrt sich durch keine Bewegung.

Die Würfelnatter.

Einige andere Schlangen, die in der Freiheit keine Frösche fressen, nahmen im Terrarium doch solche als Nahrung an, wenn sie lange keine andere solche erhielten. Bei diesen fand aber keine Hypnotisierung statt. Als ich einer hungernden Würfelnatter im Juni 1882 einige Taufrösche brachte, machte sie sofort Jagd auf dieselben und erwischte einen mehrmals. Er konnte sich aber stets wieder frei machen und kniff nun in langen Sätzen aus. Er

---

[1]) Siehe: „Frösche und Kröten, ein Wort zu ihren Gunsten", Zofinger Tagblatt. 1883, Frühling. „Wieder die Frösche und Kröten". Zofinger Tagblatt vom 4. Mai 1888. „Vandalismus beim Looweiher". Zofinger Tagblatt vom 12. Mai 1891. Tagebuch. Seite 191—202 und Seite 883—888. etc., etc.

floh vor der verfolgenden Schlange mit Ueberlegung und sie konnte ihn nicht mehr erwischen. Da war nichts von „Bann“ zu sehen und ein bedeutender Unterschied gegenüber dem Verfahren der Ringelnatter. Wenn sie in der Folge einen Frosch nicht in kurzer Zeit erwischte und verschlang, so musste dieser entfernt werden, weil er sonst beständig auf der Flucht und in Angst war, und keine Nahrung mehr zu sich nahm; während eine Ringelnatter ihn bald durch Hypnose dingfest gemacht und dann ruhig verschlungen hätte. Ein von ihr einmal gefasster Taufrosch entkam nie mehr, weil er dann in der Hypnose war.

Vögel als Feinde.

Von weitern natürlichen Feinden des Taufrosches sind eine Anzahl Vögel zu nennen, so der Fischreiher, der Storch, aber auch andere Sumpfvögel. Im Terrarium tötete im Sommer 1881 eine Wasserralle öfters Taufrösche, als sie nicht genügend Fleischnahrung erhielt. Auch Krähen beobachtete ich bei den Laichplätzen öfters auf der Froschjagd. Sie bearbeiteten den herausgezogenen Frosch jämmerlich mit dem Schnabel und frassen dann die weichen Teile.

Fische als Froschfeinde.

Grössere Hechte und Forellen frassen manchen Frosch während der Laichzeit. Im Frühlinge 1894 wurde mir eine nur 500 Gramm schwere Forelle zugesandt, der ein grosser Frosch im Schlund steckte.

Iltis als Froschfeind.

Ein eigentümliches Verhältnis existiert zwischen dem Iltis und dem Taufrosch. Ersterer erbeutet nämlich den letztern im Winterschlafe und verproviantiert damit seine Wohnung. Er lebt deswegen auch gerne in der Nähe des Wassers. Ich konnte diese Thatsache sehr oft feststellen, und wenn Jäger im Winter in einer Höhle oder in einem hohlen Baume auf Frösche stossen, so sind sie sicher, dass hier ein Iltis haust.

In der Nähe vom Looweiher konnte man alle Winter solche verproviantierte Iltisverstecke ausfindig machen, sei es in alten, hohlen Weidenstöcken, sei es in den nahen Fuchsbauen der

Hottingerfluh oder in andern Löchern, und mehrmals konnten dort die betreffenden Iltisse auch in Fallen gefangen oder erlegt werden.

Feinde der Kaulquappen.

Noch mehr als die Taufrösche selbst werden seine Larven verfolgt und dezimiert. Ausser einer Menge Fischarten, namentlich der Karpfenarten und der Hechte, bilden diese eine beliebte Beute für eine grosse Anzahl von Insekten und deren Larven. Die Larven der grossen Libellenarten nährten sich im Terrarium und im Freien namentlich von ihnen. Der Wassèrskorpion hielt leckere Mahlzeit auf den Laichschichten an den jungen Larven. Die Ruderwanzen zerstörten im „Rebbergweiherchen“ fast die ganze Brut im Verein von Dyticus und seinen Larven. Ein Exemplar von Dyticus circumflexus Fabr. hatte in drei Wochen eine ganze Taufroschbrut in einem kleinen Aquarium zerstört, indem er schon vor dem Auskriechen sich in den Laichklumpen einbohrte und die Eier frass.

Noch mehr Feinde des Taufrosches und seiner Larven sind bekannt, und der Passus aus einem Gedicht über den Hasen passt auch auf ihn: „Alles, alles will ihn fressen!“

Krankheiten.

Eine im Freien vorkommende Krankheit habe ich beim Taufrosch nie kennen gelernt, wohl aber haben sich bei ihm in der Gefangenschaft Krankheiten entwickelt. Eine solche ist die Wassersucht, die oft während der Laichzeit auftritt. Ich selbst konnte sie nur einmal, im Frühlinge 1894, beobachten, wo eine Anzahl Frösche im grossen Wasserbehälter meines Terrariums von den Wasserschildkröten inkommodiert wurden und sich deshalb nicht paaren konnten. Sie verliessen nun dieses Wasser und suchten sich andere Gelegenheit, wo sie sich paaren konnten, und hiebei stellte sich bei dem Männchen eines kopulierten Paares, das sich in einem mit Wasserpflanzen bestandenen Kübel aufhielt, diese Krankheit ein. Die Seiten und der Bauch des Tieres waren aufgedunsen und mit Wasser unterlaufen, nicht gespannt, sondern locker und das Wasser floss unter der Haut hin und her. Das Paar produzierte keinen Laich, aber das Männchen erholte sich. Die Ursache dieser

Krankheit, die in Liebhaberterrarien häufig auftritt, schien mir darin zu liegen, dass die Männchen infolge unzweckmässiger Einrichtungen oder aus andern Ursachen (hier aus Furcht) verhindert werden, sich rechtzeitig ihrer Samenflüssigkeit zu entledigen.

Eine weitere Krankheit, die ich im Terrarium öfters zu beobachten Gelegenheit hatte, war das Heraustreten des Mastdarmes. Dies rührte vom Füttern mit rohem Kalbfleisch her, wenn es in grössern Stücken verabreicht wurde. Diese wurden dann nur unvollständig verdaut und rissen beim Abgang den Darm mit hinaus. Es waren in dem fast haselnussgrossen Klumpen oft sogar noch Eingeweide mit ausgetreten und die Tiere gingen anfangs regelmässig an diesem Vorfall zu Grunde, bis ich anfing zu operieren, indem ich mit einem vorn abgerundeten, glatten Holze die ausgetretenen Teile sorgfältig wieder hineinstiess. So Operierte waren in wenigen Tagen wieder hergestellt, und selten ging ein solcher noch zu Grunde.

Später fütterte ich das Kalbfleisch nur in fein zerriebenem Zustande und nun kam der Mastdarmvorfall nicht mehr vor.

Gegen äussere Einflüsse.

Wie alle Lurche, so ist auch der Taufrosch gegen Kälte sehr wenig widerstandsfähig und geht bei Temperaturen unter 0° schnell zu Grunde. Im Terrarium machte ich die Beobachtung, dass, wenn der Frost zu ihrem Winterversteck kam, dies sie in erster Linie aufweckte und veranlasste, geschütztere Orte aufzusuchen oder sich ins Wasser zurückzuziehen. Nur wenn sie schnell grosse Kälte überraschte oder sie sozusagen überrumpelte, so tötete sie der Frost.

Im Freien kam das auch vor, und der Winter 1892/93 war für alle Lurche deshalb ein verhängnisvoller. Es trat im Herbst 1892 bei unbedecktem Boden ohne Uebergang plötzlich grosse und andauernde Kälte ein, von gleich anfangs — 8 bis — 10° C. Der Boden erstarrte rasch und tief hinunter, da er unbedeckt blieb. Eine grosse Menge unserer Lurche mussten von diesem Froste in ihren Winterquartieren überrascht und getötet worden sein; denn es kamen im Frühlinge 1893 nur sehr wenige zum Vorschein. Auch von andern Beobachtern wurden diese Thatsachen bestätigt.

Wie früher, bei Behandlung des Laichgeschäftes, gezeigt worden, kann der Laich des Taufrosches längere Zeit Temperaturen unter 0° aushalten.

Verwundungen.

Gegen Quetschungen zeigte sich der Taufrosch sehr empfindlich. Wenn z. B. einer getreten wurde, und er auch nur sehr wenig am Rumpf gequetscht war, so ging er schnell zu Grunde. Quetschungen an Gliedern heilten dagegen.

Schwere Verwundungen trieben ihn ins Wasser, und wenn man im Sommer einen im Wasser antraf, so durfte man sicher sein, dass er irgendwie verwundet sei. Oefters wird auch einer beim Mähen mit der Sense verwundet.

Am leichtesten überstanden die Frösche den Verlust von Gliedern. Am 26. Juli 1886 hatte ich einem den rechten Vorderfuss zertreten, wobei er in Ohnmacht fiel, indem er mit nur mit der Nickhaut halbgeschlossenen Augen eine zeitlang liegen blieb. Ich schnitt ihm das Bein hinter der Quetschung mit einer Schere ab, wobei er abermals in Ohnmacht fiel, sich aber schnell wieder erholte. Blutverlust fand hiebei keiner statt. Schon nach wenigen Tagen bewegte er sich ohne Schmerzen, am 11. August nahm er zum ersten Male einen Regenwurm und bis im Oktober war die Wunde vollständig vernarbt.

Solche, denen Hände oder Füsse fehlten, kamen öfters vor. Es waren solche, die einer Schlächterei durch Froschschenkelsammler entgangen waren.

Einer, dem durch eine hungrige Wasserschildkröte ein Hinterfuss ausgerissen worden war, litt Monate lang und magerte stark ab. Aber schliesslich vernarbte auch diese schlimme Wunde, die entstanden war dadurch, dass die Schildkröte den Frosch unter Wasser gezogen und mit den Vorderfüssen so lange bearbeitet hatte, bis der Fuss, den sie mit dem Munde gepackt, ausgerissen war.

Verhalten gegen Gifte.

Gegen viele Gifte ist der Taufrosch sehr empfindlich. Chloroform betäubte ihn sehr schnell und war deshalb das beste Mittel,

ihn zu töten, indem man den Verurteilten in ein Gefäss brachte, in dessen Grunde mit Chloroform getränkte Charpie lag. Nach wenigen Sekunden war er betäubt und bald auch tot.

Auch gegen endermatische Vergiftungen war der Taufrosch sehr empfindlich. Als einer sich auf einen Platz setzte in der Nähe eines Salzfasses, der von Salzlösung befeuchtet war, hatte das seinen Tod zur Folge.

Am häufigsten konnte ich endermatische Strychninvergiftung beobachten, wenn Taufrösche sich an Stellen aufhielten, wo der Mäuse wegen Strychninweizen gelegen hatte. Sie verfielen in Strychninasphyxie und konnten nur durch sorgfältige Behandlung errettet werden, oder oft auch nicht. — Die Behandlung bestand in Waschen und Baden in warmem Wasser und nachherigem Einbetten in feuchte Erde, an warmer, von der Sonne beschienener Stelle, so dass der Patient am Atmen nicht gehindert war.

Im Strychninkrampfe lag der Taufrosch steif ausgestreckt, die Hinterbeine waren krampfhaft nach hinten gerichtet, die Vorderbeine eingezogen, die Hände die Faust machend, die Augen zugepresst und alle Muskeln des Körpers straff angespannt. Das Tier war so steif, dass es an den hintern Beinen wagrecht gehalten werden konnte. Von Zeit zu Zeit, wenn der Krampf etwas nachliess, ertönte ein Geschrei, ähnlich dem Gebell eines kleinen Hundes.

Wenn ein Vergifteter starb, so behielt er im Tode diese Stellung bei, auch wenn er in Spiritus versetzt wurde.

Rückzug im Herbste.

Wenn im Herbste kühle Tage eintraten, begann im Freien der Rückzug der Taufrösche nach den Gewässern, wo sie den Winter zubringen und im nächsten Sommer laichen wollten. Anfangs fand dieser Rückzug nur langsam statt und sie lagen unterwegs noch der Insektenjagd ob. In der Nähe der Laichplätze verdichtete sich aber der Rückzug und man fand dann oft viele Individuen zugleich an. Die Reisestadien wurden bei Nacht zurückgelegt, und während des Tages ruhten die Tiere, namentlich bei schönem Wetter, wo man dann oft an ungewohnten Stellen das wohlige Murren hörte, das sonst im Frühlinge an der Tagesordnung ist.

Auch im Terrarium verschwanden gegen den Winter hin die Taufrösche mehr und mehr, indem sie die Winterquartiere bezogen, und sich nur noch an schönen Tagen zeigten oder doch ihre Stimme hören liessen. Wenn die Temperatur am Tage 6—9° C. nicht mehr überstieg, sah man keine Frösche mehr; aber nachts kamen sie dann noch hervor und wanderten im Terrarium umher. Der Wandertrieb steckte so gut in ihnen, wie in den in der Freiheit lebenden. Er zeigte sich von Ende August an und im September nahm auch nachts die Individuenzahl ab. Von Mitte September an sah man nur noch wenige mehr, und im Oktober bezogen sie das Winterquartier, indem sie sich unter Wasser in den Grund eingruben und in den Winterschlaf verfielen. Nur ausnahmsweise überwinterte etwa ein Taufrosch ausserhalb des Wassers.

Der Winterschlaf.

Das Heizen im Terrarium, wenn zu früh damit begonnen wurde, hatte zur Folge, dass sich eine Anzahl von sonst Winterschlaf haltenden Tieren nicht zurückzogen, jedoch in einen apathischen Zustand verfielen, nicht mehr frassen, abmagerten und dann im nächsten Frühlinge eingingen. Wenn man aber mit Heizen zuwartete, bis die Temperatur im Terrarium einmal auf 0° gesunken war, so verfielen alle Tiere in ihren Verstecken in den Winterschlaf und erwachten nun auch nicht, wenn die Temperatur infolge des Heizens höher stieg, sogar ausnahmsweise sehr hoch, bis 20° C. Diese künstliche Wärme hatte keinen Einfluss auf die im Winterschlafe liegenden Tiere.

Wenn aber während des Winters einmal Tauwetter eintrat und die Temperatur hiedurch stieg, wenn auch nicht so hoch, wie oft durch künstliche Heizung, so erweckte diese natürliche Wärme die Winterschlaf haltenden Tiere und lockte sie hervor. Ich schrieb diese Wirkung dem Gehalte der Luft an Feuchtigkeit und Ozon zu. Auch an den Taufröschen des Terrariums hatte ich öfters Gelegenheit, diese verschiedenen Wirkungen der künstlichen und der natürlichen Wärme zu beobachten.

Wie im Terrarium, so überwinterten auch im Freien die Taufrösche stets unter Wasser, während der grüne Wasserfrosch

gerne ausserhalb des Wassers an frostfreien Stellen überwintert. Ich traf ihn im Terrarium oft in Begleitung der Kröte.

Der Winterschlaf des Taufrosches, sowie aller unserer Lurche, scheint mir nicht bloss ein durch Temperaturerniedrigung bedingter Erstarrungszustand zu sein, welcher, je nachdem niedere oder höhere Temperatur herrscht, eintritt oder nicht, sondern eine durch Vererbung erworbene Eigenschaft. Der Winterschlaf kann wohl in kurzen, milden Wintern kürzer sein, als in strengen; er wird aber nie ganz ausfallen, wie dies durch die Thatsachen im geheizten Terrarium bewiesen worden ist.

Lurche und Reptilien dagegen, die aus Ländern der heissen Zone stammten, verfielen bei Temperaturerniedrigung nicht in den Winterschlaf, sondern starben schon bei verhältnismässig hoher Temperatur nach kürzerer oder längerer Zeit, ohne in Erstarrung oder Bewusstlosigkeit zu verfallen. Wenn sie längere Zeit bei 5—6° C. aushalten mussten, so wars um sie geschehen. — Der Winterschlaf gehörte nicht zu ihren Eigenschaften.

Das Aufwachen.

So verbringt der Taufrosch den Winter, tief unter Wasser, vor dem Gefrieren geschützt, verbraucht den im Sommer angesammelten Fettvorrat und reift die geschlechtlichen Produkte aus.

Im Frühlinge, wenn der Schnepfenzug beginnt, wenn die ersten Zugvögel einrücken, die Rotschwänzchen flattern und die Bachstelzen wippen, wenn die Temperatur zu steigen beginnt, kommt auch er wieder zum Vorschein. Denn es herrscht zwischen allen diesen Naturerscheinungen eine Korrelation oder ein innerer Zusammenhang, auf den man gehen kann. Wenn das eine eintrifft, so wird auch das andere da sein.

Noch wohlbeleibt bei seinem Hervorkommen, beginnt wieder das gleiche Leben, wie alle Jahre, das in diesen Blättern bereits geschildert worden ist.

Anhang zu

Anmerkung 1.

Tabelle über Gewicht, Grösse

№	Geschlecht	Gewicht	Länge von Kopf bis After	Breite	Rückenfarbe
1	Männchen	36 gr	70 mm	48 mm	Bräunlichgelb, ohne Flecken
2	Weibchen	71 „	78,5 „	55 „	Bräunlichgelb, mit dunkelbraunen, porenähnlichen Tüpfelchen dicht bestreut. Fünf kleine runde, schwarze Flecken von bis 3 mm Durchmesser, unregelmässig zerstreut
3	Weibchen	56 „	73 „	43 „	Bräunlichgelb, mit dunkleren Wolkenzeichnungen und schwarzen, kleinen runden Flecken von 2—3 mm
4	Weibchen	42 „	68 „	37 „	Hellbräunlich. Zwei Leisten mit dunkleren, braunen schmalen Längsflecken. Dazwischen grössere, unregelm. dunkelbraune Flecken von bis 9 mm Länge und bis 5 mm Breite
5	Männchen	40 „	70 „	33 „	Dunkelgelb, mit helleren und dunkleren, zum Teil verwaschenen Flecken
6	Weibchen	52 „	72 „	45 „	Hellbraun, dunkelrötlichbraun eng geädert. Längsleisten heller. Gegen den Nacken wenige kleine schwarze Flecken
7	Weibchen	64 „	74 „	35 „	Dunkelgelb, ungefleckt; einige verwaschene dunklere Stellen.
8	Männchen	32 „	67 „	29 „	Braungelb, mit wenigen verwaschenen dunklen Stellen
9	Weibchen	ca. 100 gr	90 „	65 „	Gelb, dunkelbraun fein gesprenkelt

No. 9 ist das grösste Taufrosch-

Rana fusca, Rœsel.

und Farbe einiger Taufrösche.

Bauchfarbe	Seitenfarbe	Binden über den Hinterschenkel	Hinterfussohle	Herkunft u. Datum
Gleichmäss. gelbl.-weiss	Gelb marmoriert	Zwei dunkle		Zofingen Sept. 1894
Rötlich, gelb getupft	Mit rötl. Porentupfen	Undeutlich, dunkel, an d. einen Seitenkante des Schenkels rötlich, mit einigen kleinen schwarzen, runden Flecken	Rötlich	Zofingen Sept. 1894
Gelb, hellrot marmoriert	Gelb, m. einigen roten Flecken	Zwei undeutl. braune	Hellgelb	Zofingen Sept. 1894
Hellgelblich, m. wenigen roten Marmorflecken	Wie der Bauch	Drei etwas dunklere, auf den Kanten rötlich werdend	Hellgelblich	Zofingen Sept. 1894
Zitronengelb, weissgraulich marmoriert	Wie Bauch, Marmorierung gröber	Unregelmässig, unterbrochen, zum Teil verwaschen	Gelb	Zofingen Sept. 1894
Gelb, nach hinten blauweiss, nach vorn rötlich marmoriert	Wie Bauch, Marmorierung gröber	Zwei hellbraune, an den Kanten schwarz werdend	Blassrot	Zofingen Schönst. Ex. Sept. 1894
Gleichmäss. hell, schwefelgelb	Gelb, mit dunkelgelben Flecken gross marmor.	Drei zieml. breite, dunklere, an den Kanten dunkler werdend	Hellrot	Zofingen Sept. 1894
Gelb, schön rot marmoriert	Gelb, rot grossfleckig marmor.	Eine schwache breitere und zwei schmale undeutl., unterbrochene; an den Kanten dunkler werdend	Blassrötlich	Zofingen Sept. 1894
Gelb, bläulich marmoriert, ähnl. Bombinator	Gelb, bläul. marmoriert	Zwei nur wenig dunklere		Serneus, Graubünden 1100 M. 6. Aug 1890

exemplar, das ich je gesehen habe.

Anmerkung 2.

Tabelle über das erste Erscheinen und die erste Kopulation des Taufrosches.

I. Im Terrarium.

Jahr	Erstes Hervorkommen	Erste Kopulation
1881	18.—20. Februar	21. Februar
1882	Kurz vor 25. Februar	25. „
1883	Anfangs Februar	25. „
1884	Mitte „	20. „
1885	Anfangs „	13. „
1886	Mitte „	26. „
1887	„ „	Ende „
1888	Anfangs „	18. „
1891	12. März	26. März
1894		1. „

NB. In den Jahren 1891 und 1894 waren im Frühling keine Frösche im Terrarium. Es wurden solche aus dem Freien eingesetzt, als sie dort erschienen waren, weshalb in obiger Tabelle erst im März die erste Kopulation notiert werden konnte.

II. Im Freien.

Jahr	Ort	Erstes Hervorkommen	Erste Kopulation
1883	Bärmoosweiher	Ende Febr. u. 29. März	Ende Febr. u. 29. März
1883	Haldenweiher	„ „ „ 29. „	„ „ „ 29. „
1885	Bärmoosweiher	26. Februar	26. Februar
1885	Haldenweiher	26. „	26. „
1885	Vorw. v. Haldenweiher	5. März	?
1886	Bärmoosweiher	21. „	22. März
1887	„	Mitte „	26. „
1887	Haldenweiher	?	7. April
1887	Looweiher	Mitte März	20. März
1888	Bärmoosweiher	16. „	ca. 5. April
1888	Haldenweiher	9. April	10.—15. „
1889	Bärmoosweiher	23. März	Anfangs „
1889	Haldenweiher	Anfangs April	5.—10. „
1889	Looweiher	?	Anfangs „
1890	Bärmoosweiher	12. März	17. März
1890	Nebenw. v. Bärmoosw.	12. „	12. „
1890	Haldenweiher	21. „	Anfangs April
1890	Trottenweiher	26. „	29. März
1890	Looweiher	Anfangs „	10.—14. „
1891	Bärmoosweiher	Ende „	Ende „
1891	Nebenw. v. Bärmoosw.	Mitte „	26. „
1891	Haldenweiher	„ April	Mitte April
1892	Looweiher	?	„ März
1892	Bärmoosweiher	25. März	Ende „
1892	Haldenweiher	Vor 25. „	Ende März u. Anf. April
1893	Bärmoosweiher	?	Mitte März
1893	Haldenweiher	9. März	20. „
1893	Winterhalden	Anfangs „	Anfangs „
1894	Bärmoosweiher	3. „	23. „
1894	Haldenweiher	3. „	23. „
1894	Looweiher	10. „	Mitte „

Anmerkung 3.

Tabelle über die Dauer der Kopulation.

Jahr	Ort	Dauer	Datum
1881	Terrarium	15 Tage	vom 21. Februar bis 8. März
1884	"	20 "	" 20. " " 12. "
1885	"	18 "	" 13. " " 3. "
1886	"	9 "	" 26. " " 7. "
1888	"	23 "	" 18. " " 13. "
1891	"	6 "	" 26. März " 1. April
1885	Bärmoosweiher	24 Tage	vom 26. Februar bis 22. März
1886	"	3 "	" 22. März bis 25. März
1888	"	9–15 "	" ca. 5. April bis ca. 15. April
1889	"	ca. 15 "	" Anfang April bis Mitte April
1890	"	4 "	" 17. März bis 21. März
1891	"	" 18 "	" Ende März bis Mitte April
1892	"	" 9 "	" Ende März bis April
1894	"	" 10 "	" 23. März bis 2. April
1885	Haldenweiher	20—30 Tage	vom 26. Februar bis 22.—28. März
1886	"	ca. 9 "	" ? " in den April
1888	"	9—15 "	" 10.—15. April bis ca. 24. April
1889	"	ca. 12 "	" 5.—10. " " " 20. "
1892	"	" 9 "	" Ende März bis ca. 8. April
1893	"	" 14 "	" 20. März bis 3. April
1894	"	" 9 "	" 23. " " Anfang April

Anmerkung 4.

Tabelle über Beobachtungen der Geburt des ersten Laiches.

Jahr	Datum
	1. Im Terrarium.
1881	am 8. März
1883	„ 6. „
1884	„ 12. „
1885	„ 3. „
1886	„ 7. „
1887	„ 8. „
1888	„ 12./13. „
	2. Im Bärmoosweiher.
1883	am 31. März
1885	„ 22. „
1886	„ 23. „
1887	„ 27. „
1888	„ 9. April
1889	„ 8. „
1890	„ 21. März
1891	„ 12. April
1892	„ 3. „
1893	„ 17. März
1894	„ 2. April
	3. Im Haldenweiher.
1883	am 2. April
1885	„ 27. März oder etwas vorher
1886	„ 24.—31. März
1887	„ 7.—11. April
1888	„ 15. April
1889	„ 12. „
1890	„ Ende März oder Anfang April
1891	„ 10. April
1892	„ 3. „
1893	„ 23. März
1894	„ 1. April
	4. Im Looweiher.
1887	am 22. März
1888	vor dem 30. „
1889	„ „ 16. „
1890	am 14. „
1891	„ 26. „
1892	„ 22. „
1894	Mitte „
	5. Nebenweiher des Bärmoosweihers.
1890	am 17. März
1891	Anfangs April

Anm. 5.

Tabelle über die Dauer der Laichzeit.

Jahr	Ort	Dauer	Datum
1883	Terrarium	28 Tage	vom 6. März bis 3. April
1884	„	31 „	„ 12. „ „ 12. „
1885	„	15 „	„ 3. „ „ 18. März
1888	„	ca. 10 „	„ 8. „ „ 16. „ u. länger
1883	Bärmoosweiher	ca. 8 Tage	vom 31. März bis 4. April u. länger
1885	„	10 „	„ 22. „ „ 1. „
1886	„	9 „	„ 21. „ „ 30. März
1887	„	27 „	„ 27. „ „ 30. April
1888	„	6 „	„ 9. April „ 15. „
1889	„	ca. 6 „	„ 8. „ „ 10. „ u. länger
1890	„	11 „	„ 21. März „ 1. April
1891	„	13 „	„ 12. April „ 25. „
1893	„	19 „	„ 17. März „ 5. „
1894	„	9 „	„ 2. April „ 11. „
1887	Haldenweiher	ca. 20 Tage	vom 11. März bis 29. März u. länger
1889	„	18 „	„ 12. April „ Ende April
1893	„	13 „	„ 23. März „ 5. April
1894	„	4 „	„ 1. April „ 5. „
1887	Looweiher	ca. 20 Tage	vom 11. März bis 29. März u. länger
1889	„	„ 6 „	„ 16. „ „ 19. „ „ „
1890	„	„ 18 „	„ 14. „ „ 31. „ „ „
1894	„	„ 14 „	„ 11. „ „ 22. „ „ „

Der Ausdruck „und länger“ bedeutet, dass bei der letzten Beobachtung das Laichgeschäft noch nicht ganz beendigt war.

Anm. 6.

Tabelle über den Zeitraum von der Geburt des ersten Laiches bis zum Wegzug der Frösche.

Jahr	Ort	Erster Laich	Wegzug	Zeitraum dazwischen
1881	Terrarium	8. März	9. März	1 Tag
1883	Bärmoosweiher . . .	31. „	26. April	27 Tage
1885	Terrarium	3. „	18. März	15 „
1886	Bärmoosweiher . . .	23. „	7. April	15 „
1886	Haldenweiher . . .	27. „	7. „	11 „
1887	Terrarium	8. „	14. März	6 „
1887	Bärmoosweiher . . .	27. „	23. April	27 „
1887	Haldenweiher . . .	9. April	23. „	14 „
1888	Bärmoosweiher . . .	9. „	19. „	10 „
1889	Looweiher	14. März	19. März	5 „
1890	Bärmoosweiher . . .	21. „	9. April	19 „
1890	Nebenw. v. Bärmoosw.	17. „	29. März	12 „
1891	Bärmoosweiher . . .	12. April	25. April	13 „
1891	Haldenweiher . . .	10. „	Ende „	ca. 20 „
1891	Nebenw. v. Bärmoosw.	ca. 4. „	19. „	„ 15 „
1893	Bärmoosweiher . . .	17. März	5. „	19 „
1893	Haldenweiher . . .	23. „	5. „	13 „
1894	Bärmoosweiher . . .	2. April	11. „	9 „
1894	Haldenweiher . . .	1. „	5. „	4 „

Anmerkung 7.

Tabelle über das Drehen des Laiches.

Datum	Alter des Laiches	Temperatur	Drehung	Weisser Flecken	Bemerkungen
1883 10. März	1 Tag	ziemlich hoch	in 2—2 $^1/_2$ Minuten	gross	1 Ei in 15 Minuten
1883 11. „	2 Tage	„ „	in 10 Minuten	kleiner	der gleiche Laichklumpen
1883 12. „	3 „	mittel	langsam	punktförmig	
1883 13. „	4 „	„	nicht mehr sichtbar	verschwunden	
1883 12. März	1 Tag	mittel	in 3 Minuten	gross	der gleiche Laichklumpen
1883 13. „	2 Tage	„	„ 10 „	kleiner	
1883 15. „	4 „	„	„ 20 „	punktförmig	
1883 16. „	5 „	„	nicht sichtbar	verschwunden	
1885 3. März	1 Tag	hoch	in 2 $^1/_2$ Minuten	gross	
1885 18. „	1 „	„	„ 2 $^1/_2$ „	„	
1885 22. „	5 Tage	„	„ 10 „	punktförmig	
1886 7. „	3 „	„	„ 10 „	klein	
1886 17. „	4 „	nieder	mehrere Stunden	„	
1887 8. „	1 Tag	5 ° C.	in 4 Minuten	gross	
1887 22. „	2 Tage	8,5 ° C. - Wasser 6 ° C.	„ 6 „	kleiner	Einige brauchen viel mehr Zeit
1887 24. „	4 „	15 ° C. - Wasser 10 ° C.	„ 3 „	klein	Einige brauchen viel länger
1890 17. „	3 „	9 ° C.	„ 50 „	„	Nach 7 Minuten war die Drehung erst ein Dritteil
1890 21. „	1 Tag	15 ° C.	„ 1 Minute	gross	Einige in 2 Minuten
1894 24. „	1—2 Tage	5 ° C. morgens	„ 3 Minuten	„	7 Eier sind in 25 Minuten nur halb gedreht, 10 unbefruchtet
1894 24. „	1—2 „	12 ° C. mittags	„ 2 $^1/_2$ „	„	

Anmerkung 8.

Tabelle über die Zeitdauer von der Geburt des Laiches bis zum Auskriechen der Larven.

Jahr	Ort	Geburt	Auskriechen	Zeitdauer
1881	Terrarium	8. März	18. März	10 Tage
1883	Terrarium	10. „	16. „	6 „
1883	Terrarium	12. „	18./19. März	6—7 „
1883	Bärmoosweiher	31. „ bis 4. April	18. April	14—19 „
1885	Terrarium	3. „	13. März	10 „
1886	Terrarium	7. „	18. „	11 „
1886	Bärmoosweiher	21. „	30. März bis 3. April	9—13 „
1887	Terrarium	8. „	22. „	14 „
1887	Bärmoosweiher	27. „	11. April und früher	15 „ und weniger
1887	Haldenweiher	11. April	23. „	12 „
1888	Terrarium	13. März	26. März	13 „
1890	Terrarium	14. „	27. „	13 „
1890	Bärmoosweiher	21. „	9. April	19 „
1890	Nebenweiher des Bärmoosweihers	17. „	29. März	12 „
1891	Bärmoosweiher	12. April	25. April	13 „
1891	Nebenweiher des Bärmoosweihers	12. „	19. „	7 „
1891	Haldenweiher	19. „	25. „	6 „
1891	Winterhalden	6—8. März	1. „	24—26 „
1892	Bärmoosweiher	3. April	18. „	15 „
1892	Rebberg	2./3. „	8. „	6 „
1893	Bärmoosweiher	17. März	5. „	19 „
1893	Rebberg	Ende März.	9. „	9—11 „
1894	Terrarium	10.—19. März	1. „	13—14 „
1894	Haldenweiher	1. April	10. „	9 „
1894	Looweiher	11. März	25. März	14 „

Anmerkung 9: = 3 Tabellen.

a) Tabelle über die Entwicklung der Taufroschlarven im Bärmoosweiher im Jahr 1883.

Datum	Länge in Millimeter			Bemerkungen
	Körper	Schwanz	Total	
Febr. 25.				Erscheinen der ersten Frösche
März 26/31.				Erster Laich
April 18.				Auskriechen der Larven
„ 28.	6–7	10—18	16—20	
Mai 31.	8—9	17–16	25	
Juni 14.	9—10	21—20	30	Hinterbeine vollständig entwickelt
„ 28.	14	—	14	Entwickelte Junge
Juli 30.	15	—	15	Junge Fröschchen schon vom Wasser entfernt

Dauer der Entwicklungsperiode vom 26. März bis 28. Juni = 94 Tage. Vom Auskriechen der Larven bis zur Metamorphose, 18. April (inkl.) bis 28. Juni = 72 Tage.

b) Tabelle über die Entwicklung der Taufroschlarven im „Rebberg" im Jahr 1892.

Datum	Länge in Millimeter			Bemerkungen
	Körper	Schwanz	Total	
April 1.				Geburt des Laiches im Haldenweiher
„ 3.				Einsetzen des Laiches im Rebberg
„ 8.			8	Larven ausgekrochen, zum Teil schon lebhaft schwimmend
Mai 16.	12	18	30	
„ 24.	15	30—35	45—50	Hinterbeine vollständig entwickelt. bei einigen auch die Vorderbeine
Juni 20.	20	—	20	Fertige Fröschchen

Ganze Entwicklungsperiode 81 Tage, vom Auskriechen bis zur Metamorphose 74 Tage. Ursache der kurzen Entwicklungsperiode: sehr sonnige Lage nach Süden, am Bergabhang.

c) Tabelle über die Entwicklung der Taufroschlarven im Terrarium im Jahr 1894.

Datum	Länge in Millimeter Kopf	Schwanz	Total	Bemerkungen
März 18./19.				Geburt des Laiches im Looweiher
„ 23.				Einsetzung des Laiches ins Terrarium
April 1.			6	Laich am Auskriechen, wurmartige Bewegungen
„ 2.			6	Wedelnde Bewegungen, äussere Kiemen sichtbar
„ 7.	3	4—6	7—9	Aeussere Kiemen verschwunden
„ 10.	4	8	12	Hintere Fusstummeln kaum sichtbar
„ 28.	9	19	28	
Mai 4.	11	21,5	32,5	Kopf 8 mm breit
„ 11.	14	23,5	37,5	
„ 17.	14	24,5	38,5	Die Larven kommen oft an die Oberfläche um Luft zu schnappen
„ 19.	15	25	40	Kopf 8 mm breit
„ 21.	14	26	40	Hinterbeine gegliedert, aber noch in der Schwanzflosse
„ 26.	14,5	26,5	41	Von den Hinterbeinen der Fuss frei
„ 30.	17	31	48	Kopf 12 mm breit, Hinterbeine vollständig, machen Schwimmbewegngn.
Juni 4.	17	31—32	48—49	„Westentaschenstadium“
„ 7.	17	31	48	Vorderbeine entwickelt
„ 11.	17	28	45	Schwanz schrumpft ein
„ 12.	17	23	40	Geht auf schwimmende Blätter
„ 14.	17	—	17	Das Fröschchen ist ans Land gegangen

Von den Exemplaren des Laichklumpens wurden von denen, die bei der Hand waren, jeweilen die grössten gemessen. Die Dauer der Entwicklungsperiode war 88 Tage, vom Auskriechen bis zur Metamorphose 75 Tage.

Anmerkung 10.

Tabellen über beobachtete Entwicklungsperioden.

a) Tabelle vom Jahr 1883, Laich I im Terrarium.

Datum	Länge in Millimeter			Bemerkungen
	Körper	Schwanz	Total	
März 12.	1,5		1,5	Frischer Laich, Gallertkugel 4 mm
„ 13.	2—2,5		2—2,5	Gallertkugel 10 mm
„ 14.				Das Weisse am Embryo ist nur noch klein
„ 15.				Das Weisse ist nur noch punktförmig
„ 16.				Das Weisse ist verschwunden. Die Eikugel hat einen Auswuchs
„ 18.	1—1,5	2—2,5	3—4	Einige Larven haben die Gallerte verlassen
April 5.	10	15	25	Breite des Kopfes 8 mm
„ 20.	10	16	26	Breite des Kopfes 8 mm
„ 26.	13	17	30	Breite des Kopfes 9 mm
„ 29.	14	18	32	Breite des Kopfes 10 mm, Larven braungelb, Augen goldbereift
Mai 13.	14	19	33	Hinterbeine entwickelt, gegliedert
„ 25.	14	16	30	Vorder- und Hinterbeine gegliedert, Schwanz schon etwas eingeschrumpft
„ 31.	14	—	14	Die jungen Fröschchen haben das Wasser zum Teil verlassen

Dauer der Entwicklung 80 Tage, bei einigen länger.

b) Tabelle vom Jahr 1883, Laich II im Terrarium.

Datum	Länge in Millimeter Körper	Schwanz	Total	Bemerkungen
März 6.				Geburt des ersten Laiches, er liegt am Grunde des Wassers
„ 9.				Der Laich schwimmt an der Oberfläche
„ 9./10.			1,5	Geburt d. Laiches II, Gallertkugel 4 mm
„ 10.				Drehung der Eikugeln in 2,5 Minuten
„ 11.				Drehung der Eikugeln in 10 Minuten
„ 13.				Das Weisse am Ei ist verschwunden, die Gallerte quillt beständig auf.
„ 14.			2	Embryo mit Ausbuchtung
„ 15.	1—1,5	2—2,5	3—4	Embryo mit Schwanz, langsame Bewegungen. Einige verlassen die Gallertkugeln
„ 16.	4—5	2—3	6—8	Körper tritonförmig, äussere Kiemen deutlich, jederseits zwei
„ 17.	4—5	3	7—8	Lebhafte Bewegungen, die Larven verlassen die Gallerte
„ 18.	4—5	4—5	8—10	Verteilen sich im Raum
„ 19.	4	9	13	Körper länglichrund, Kiemen noch sichtbar, aber kleiner werdend
„ 20.	5	9	14	
„ 23.	6	10	16	Lebhaft schwimmend, Kiemen noch sichtbar
„ 24.	6	11	17	Aeussere Kiemen verschwunden.
„ 26.	6	12—13	18—19	
„ 27.	6,5	13,5	20	
„ 29.	8	15	23	Körper 5 mm breit, Eingeweide am Bauche sichtbar
April 5.	10	16	26	Körper 8 mm breit
„ 29.	12	20	32	Körper 8 mm breit
Mai 1.	12	20	32	Körper 8 mm breit
„ 7.	12	20	32	Körper 10 mm breit
„ 13.	14	26	40	Körper 10 mm breit, Hinterbeine vorhanden
„ 18.	15	30	45	Hinterbeine sichtbar
„ 25.	15	30	45	Vorder- und Hinterbeine entwickelt, Beginn der Metamorphose
„ 29.	20	25	45	Froschgestalt, hüpft, Schwanz schon etwas eingeschrumpft
„ 31.	20	—	—	Die Fröschlein haben das Wasser verlassen

Dauer der Entwicklung 83—86 Tage.

c) Tabelle vom Jahr 1885, im Terrarium.

Febr. 13.	Erste Kopulation
März 1.	Sämtliche Paare in voller Paarung
„ 3.	Erster Laich
„ 4.	Zweiter Laich, viele Frösche in Häutung
„ 12.	Der Embryo hat längliche Gestalt angenommen
„ 13.	Viele Larven sind ausgebrochen, Länge 8 mm
„ 16./17.	Geburt des letzten Laiches
„ 27.	Die äusseren Kiemen sind schon seit einigen Tagen verschwunden
Mai 20./21.	Vorderbeine schon entwickelt, Larven ausgewachsen
„ 31.	Metamorphose

Dauer der Entwicklung 88 Tage.

d) Tabelle vom Jahr 1886, im Terrarium.

Datum	Länge in Millimeter			Bemerkungen
	Körper	Schwanz	Total	
Febr. 26.				Kopulation
März 7.				Erster Laich
„ 10.				Die Drehung findet in 3—4 Minuten statt
„ 17.				Die Drehung findet erst innert mehreren Stunden statt
„ 18.	4	3	7	Körperform gestreckt, tritonförmig
„ 20.	3,5	6,5	10	Kiemen noch sichtbar
Mai 15.	14	20	34	Breite des Kopfes 10 mm, Hinterbeinstummel sichtbar, 3 mm lang
Juni 1–8.	ca. 15	—	15	Metamorphose
„ 20.	16	—	16	Fertiges Fröschchen, das die Metamorphose schon einige Tage hinter sich hat

Dauer der Entwicklung 86—93 Tage.

e) Tabelle vom Jahr 1896, im Bärmoosweiher.

Datum	Länge in Millimeter			Bemerkungen
	Körper	Schwanz	Total	
März 21.				Frösche anwesend, noch Eis im Weiher
„ 23.				Viel Laich, zum Teil 2 Tage alt
„ 30.				Es sind schon Larven ausgekrochen
April 7.	3—5	7—10	10—15	Aeussere Kiemen noch vorhanden
„ 9.	4—5	8—11	12—16	Aeussere Kiemen noch vorhanden, der Laich senkt sich
„ 11.	5	11	16	Aeussere Kiemen verschwunden, die Gallertmasse hat sich gesenkt
„ 25.	7	14	21	Am Leibe goldgetüpfelt, Gallertmasse verschwunden
Mai 1.	7	14	21	Am Leibe goldgetüpfelt
Juni 22.	15—20	—	15—20	Metamorphose (berechnet)

Die Dauer der Entwicklung war ca. 92 Tage.

f) Tabelle vom Jahr 1897, im Terrarium.

Datum	Länge in Millimeter			Bemerkungen
	Körper	Schwanz	Total	
März 8.				Erster Laich, Gallertkugeln 2—3 mm
„ 12.				Der Laich ist an die Oberfläche gestiegen
„ 19.			4	Die Gallertkugeln 12 mm Durchmesser, noch keine Larven ausgekrochen
„ 22.	4	2	6	Kopf 1 mm, Leib 3, Schwanz 2. Tritonform, es sind einige ausgebrochen. Gallertkugel 14 mm
„ 29.	3	7	10	Kiemen sichtb., Gallertkugeln 14—20 mm
Mai 23.	18	27	45	Kopf 15 mm br., Hinterbeine sichtbar
Juni 4.	18	28	46	Hinterbeine entwickelt, Kopf 15 mm br. Oberschenkel 3, Hinterschenkel 3, Fuss 4 mm
„ 9.	18	28	46	Vorderbeine in Entwicklung
„ 11.	18	12	30	Kopf 8,5 br., Fröschchen vollständig entwickelt, Vorderbeine 10 mm, Hinterbeine 16 mm

Dauer der Entwicklungsperiode 95 Tage.

g) Tabelle vom Jahr 1890, im Bärmoosweiher.

März 12.	Es sind einige Frösche vorhanden
„ 17.	Ziemlich viele Frösche, kein Laich
„ 21.	Ein Laichklumpen vorhanden
„ 29.	Das Laichgeschäft ist im Gang, Paarungsruf
April 1.	Viel Laich an zwei Stellen
„ 9.	Laich an der Oberfläche breit, Larven eben ausgekrochen
„ 15.	Larven sich lebhaft bewegend (wimmelnd)
„ 23.	Larven schwimmen von der Gallerte weg
Juni 30.	Metamorphose (berechnet)

Dauer der Entwicklungsperiode 90 Tage.

h) Tabelle vom Jahre 1891, im Terrarium.

Datum	Länge in Millimeter			Bemerkungen
	Kopf	Schwanz	Total	
März 26.				Kopulation
April 1.–2.				Laich
Mai 3.	4	7,5	11,5	Hinterbeine noch nicht sichtbar
Juni 5.	14	26	40	Hinterbeine kleine Stummel
„ 20.	15	27	42	Hinterbeine vollstdg, Vorderbeine im „Westentaschenstadium“ od. eins frei
„ 25.	15	27	42	Hinter- u. Vorderb. entwickelt, bei einig. d. Schwanz schon etw. eingeschrumpft
„ 29.	12	3	15	Einige fertige Fröschchen ausserhalb des Wassers

Dauer der Entwicklungsperiode 88—89 Tage.

i) Tabelle über
die Dauer von 13 vollständig beobachteten Entwicklungsperioden.

Jahr	Ort	Zeit von der Geburt des Laiches bis zur Metamorphose	Entwicklungsperiode
1883	Terrarium . . .	Vom 6.—9. März bis 31. Mai	83—86 Tage
1883	Terrarium . . .	„ 12. März bis 31. Mai	80 „
1883	Bärmoosweiher . .	„ 28./31. März bis 28. Juni	90—92 „
1885	Haldenweiher . .	„ 27. März bis 24./28. Juni	89—91 „
1885	Bärmoosw.(Albinos)	„ 5./8. April bis 20./25. Juni	76—81 „
1887	Terrarium . . .	„ 8. März bis 11. Juni	95 „
1887	Bärmoosweiher . .	„ 27. März bis 30. Juni	95 „
1890	Looweiher . . .	„ 22./23. März bis 21./22. Juni	90—92 „
1891	Terrarium . . .	„ 1. April bis 29. Juni	89 „
1892	Rebbergweiher . .	„ 1. April bis 20. Juni	80 „
1893	Winterhalden . .	„ 8. März bis 11. Juni	95 „
1894	Terrarium . . .	„ 18./21. März bis 13./20. Juni	86—91 „
1894	Winterhalden . . .	„ 15. März bis 15. Juni	92 „

Durchschnitt der Entwicklungsperiode 87,7—89 Tage.

k) Tabelle über die Dauer von 21 unvollständig beobachteten, aber berechneten Entwicklungsperioden.

Jahr	Ort	Zeit von der Geburt des Laiches bis zur Metamorphose	Entwicklungs-periode
1881	Terrarium	Vom 8. März bis 5. Juni	89 Tage
1885	Terrarium	„ 3. März bis 21. Mai	89 „
1885	Bärmoosweiher . .	„ 27. März bis 25./30. Juni	90—95 „
1886	Terrarium	„ 7. März bis 1./8. Juni	86—93 „
1886	Bärmoosweiher . .	„ 22. März bis ca. 22. Juni	92 „
1886	Haldenweiher . . .	„ 31. März bis Ende Juni	ca. 90 „
1888	Bärmoosweiher . .	„ 9. April bis Ende Juni	„ 82 „
1888	Haldenweiher . . .	„ 15. April bis ca. 14. Juni	„ 90 „
1890	Terrarium	„ 14. März bis 15. Juni	„ 93 „
1890	Bärmoosweiher . .	„ 1. April bis 30. Juni	„ 90 „
1890	Nebenw, d. Bärmoosw.	„ 17. März bis ca. 15. Juni	90 „
1890	Haldenweiher . . .	„ 1. April bis ca. 29. Juni	89 „
1891	Nebenw. d. Bärmoosw.	„ 12. April bis ca. 8. Juli	87 „
1892	Bärmoosweiher . .	„ 3. April bis ca. 29. Juni	87 „
1893	Rebbergweiher. . .	„ 31. März bis ca. 21. Juni	83 „
1893	Bärmoosweiher . .	„ 17. März bis ca. 20. Juni	95 „
1893	Haldenweiher . . .	„ ca. 26. März bis ca. 20. Juni	86 „
1894	Rebbergweiher. . .	„ 4./7. April bis ca. 18. Juni	72—75 „
1894	Bärmoosweiher . .	„ 2. April bis ca. 26. Juni	85 „
1894	Haldenweiher . . .	„ 1. April bis ca. 25. Juni	85 „
1894	Weiherchen beim Loohof	„ ca. 18. März bis ca. 18. Juni	92 „

Durchschnitt der Entwicklungsperiode 87,7—88,4 Tage.

Inhaltsverzeichnis.

Vierteljahrsschrift d. naturf. Ges. Zürich. 42. Jahrg. 1897.



POLYGRAPHISCHES INSTITUT ZÜRICH

Ausserdem gilt noch die Kontinuitätsgleichung, wonach durch jeden Querschnitt F in jeder Sekunde das gleiche Flüssigkeitsgewicht G oder die gleiche Masse M durchströmt, und zwar ist

$$(6) \qquad G = M g = \frac{F w}{v} = \text{const.}$$

Diese Gleichungen sollen hier nur auf vollkommene Gase angewendet und dabei zur Vereinfachung zunächst vorausgesetzt werden, dass eine widerstandslose Bewegung ohne äusseren Wärmeaustausch vorliege. Dann ist

$$(7) \qquad d\,U = \frac{d\,(p\,v)}{n-1} = \frac{R}{n-1}\,d\,T,$$

wo n den Quotienten der beiden specifischen Wärmen bei konstantem Drucke und konstantem Volumen, R die Konstante der Zustandsgleichung bedeuten. Ferner ist dann

$$(8) \qquad d\,Q = 0,$$

und damit folgt aus (4)

$$(9) \qquad d\left(\frac{w^2}{2\,g}\right) = -\frac{n}{n-1}\,d\,(p\,v) = -\frac{n\,R}{n-1}\,d\,T.$$

Die statische Zustandsänderung des Gases wird wegen (8) adiabatisch, folgt also dem Gesetze:

$$(10) \qquad p\,v^n = \text{const.}$$

Integriert man (9) vom Inneren des Gefässes mit $w_i = 0, p_i$, v_i, T_i bis zu einem beliebigen Querschnitte F mit w, p, v, T, so wird:

$$(11) \quad w = \sqrt{2\,g\,R\,T_i\,\frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{T}{T_i}\right)} = \sqrt{2\,g\,R\,T_i\,\frac{n}{n-1}\left[1 - \left(\frac{p}{p_i}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]},$$

während aus (6) mit (10) und (11) folgt:

$$(12) \qquad G = F\,p_i\,\sqrt{\frac{2\,g}{R\,T_i}\,\frac{n}{n-1}\left[\left(\frac{p}{p_i}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p}{p_i}\right)^{\frac{n+1}{n}}\right]}.$$

Allerdings gilt die Kontinuitätsgleichung in der einfachen Gestalt der Gleichung (6) nicht auf der ganzen Strecke vom Inneren des Ausflussgefässes bis zum allgemeinen Querschnitte F, da beim Anschlusse des Rohres an die Gefässwand stets konvergierende Geschwindigkeitsrichtungen mit bedeutenden radialen Geschwindigkeitskomponenten auftreten. Genügt aber weiter aussen der Quer-

schnitt F der Bedingung, dass seine Aenderung nur noch sehr langsam erfolgt, so ist der Einfluss der radialen Geschwindigkeitskomponenten bis dorthin verschwunden, und die Glchgn. (11) und (12) dürfen doch angewendet werden.

Diese beiden Gleichungen werden nun gewöhnlich als die Ausflussformeln angesehen. Eigentlich sind sie das aber nicht. Ihrer Entstehung nach geben sie vielmehr nur den Zusammenhang zwischen F, w, p, T in einem Rohre und den Werten p_i und T_i im Inneren eines unendlich grossen Gefässes. Sie stellen auch noch einen vollkommen umkehrbaren Vorgang dar, da man in allen benutzten Differentialgleichungen die Vorzeichen sämtlicher Glieder gleichzeitig ändern kann, ohne dass die Gleichungen dadurch ihre Geltung verlieren, nur muss man den Sinn von w mit geändert denken. Das widerstandslose Ausströmen ist auch, so weit es sich nur um die Bewegung als solche handelt, wesentlich umkehrbar. Nicht umkehrbar wird der ganze Vorgang erst, wenn man seine Ursache, den Druckunterschied zwischen innen und aussen, mit in Betracht zieht. Ausserdem kann allerdings auch eine raschere Zunahme des Rohrquerschnittes im Sinne der Bewegung eine Nichtumkehrbarkeit veranlassen, wenn sich dabei der Flüssigkeitsstrahl von den Rohrwandungen loslöst. Bei der Formelentwickelung ist das aber ausdrücklich als ausgeschlossen vorausgesetzt worden.

Die Gleichungen (11) und (12) werden erst dadurch zu Ausflussformeln, dass man für die Temperatur T und für den Druck p die in der Mündungsebene geltenden Werte T_m und p_m einsetzt. Bei Mündungen mit Kontraktion nimmt man statt der Mündungsebene gewöhnlich, wie bei Wasser, den Querschnitt an der Stelle der stärksten Kontraktion. Das ist aber eigentlich unrichtig, da die Gleichungen gar nicht bis zu diesem Querschnitte gelten. Nach dem Verlassen der Mündungsebene ist der Vorgang sofort nicht umkehrbar, so dass die Zustandsänderung nicht mehr nach dem Gesetze $p\,v^{\,n} =$ const. erfolgt.

Welche Werte man nun für T_m und p_m annehmen soll und wie sie mit dem Zustande im Inneren des Gefässes und mit dem äusseren Drucke zusammenhängen, das zu entscheiden bieten die Formeln keinerlei Anhaltspunkte. Man kann nur die Erwartung aussprechen, dass der Quotient p_m/p_i nicht unter den Wert

$$(13) \qquad \frac{p_m}{p_i} = \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n}{n-1}} \equiv \alpha$$

sinken wird, weil dieser Wert G aus (12) zu einem Maximum macht und nicht anzunehmen ist, dass die Ausflussmenge mit stetig wachsendem Ueberdrucke schliesslich wieder abnehmen sollte.

Gewöhnlich wird es nun als ziemlich selbstverständlich angesehen, dass, wenn p_a den äusseren Druck bezeichnet, für

$$(14) \qquad \begin{cases} p_a > \alpha\, p_i: & p_m = p_a \\ p_a < \alpha\, p_i: & p_m = \alpha\, p_i \end{cases}$$

gesetzt werden dürfe und müsse. Häufig findet sich auch die Behauptung ausgesprochen, dieses Verhalten von p_m sei durch Versuche über Ausflussmengen bewiesen. Damit ist aber, meiner Ansicht nach, doch die Bedeutung solcher Versuche überschätzt. Ich will in dieser Richtung nur die neueste, mir bekannte Versuchsreihe kurz besprechen, die von Parenty in den Annales de Chimie et de Physique, Ser. 7, Tom 8, 1896, Seite 5—79 veröffentlicht worden ist. Dabei wurde mit Mündungen in dünner Wand und konvergenten Ansatzrohren gearbeitet, mit gleichen Mündungen, wie sie früher schon von Hirn untersucht worden waren [1]). Die Ergebnisse dieser Versuche hat Parenty auf Seite 57 und 61 graphisch dargestellt, und zwar die Ausflussmengen in Funktion des Quotienten: Ueberdruck $p_i - p_a$ dividiert durch den inneren Druck p_i. Von den vier gezeichneten Figuren bestätigt die rechte auf Seite 61 scheinbar die Konstanz des Quotienten p_m/p_i bei grösserem Ueberdrucke, weil dort alle gefundenen Punkte in der gleichen Horizontalen liegen. Die rechte Figur auf Seite 57 hat für $p_a < \alpha\, p_i$ 5 über das ganze Gebiet ziemlich gleichmässig verteilte Punkte, von denen die 3 näher an der Grenze $p_a = \alpha p_i$ befindlichen allerdings auch fast genau in einer Horizontalen liegen; die beiden übrigen, grösserem Ueberdrucke entsprechenden Punkte liegen dagegen entschieden höher, als die vorigen. Man müsste also aus dieser Figur unbedingt auf eine Zunahme der Ausflussmenge mit zunehmendem Ueberdrucke schliessen. In den

[1]) Annales de Chimie et de Physique. März 1886.

beiden linken Figuren auf Seite 57 und 61 sind nur je so wenig Punkte in unmittelbarer Nähe der Grenze enthalten, dass man aus ihnen überhaupt gar nichts über den Verlauf der Ausflussmenge bei grösserem Ueberdrucke entnehmen kann. Trotzdem sieht Parenty diese ganze Versuchsreihe als experimentellen Beweis dafür an, dass für $p_a < \alpha p_i$ der Druck an der Stelle der stärksten Kontraktion ununterbrochen gleich αp_i bleibt.

Versuche über Ausflussmengen sind aber überhaupt ganz ungeeignet, die Frage nach dem Verhalten des Druckes in der Mündungsebene zu entscheiden. Führt man in Glchg. (12) für die eckige Klammer unter der Wurzel die kürzere Bezeichnung

$$(15) \qquad \left(\frac{p_m}{p_i}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p_m}{p_i}\right)^{\frac{n+1}{n}} \equiv \psi$$

ein, so wird G proportional mit $\sqrt{\psi}$. Man würde also aus den Versuchen über G zuerst $\sqrt{\psi}$ berechnen und dann daraus auf den Quotienten p_m/p_i schliessen müssen. Den dazu nötigen Zusammenhang von p_m/p_i mit ψ habe ich in der nebenstehenden Tabelle

$\frac{p_m}{p_i}$ absolut 1	$\frac{p_m}{p_i}$ Verhältnis 2	ψ 3	$\sqrt{\psi}$ absolut 4	$\sqrt{\psi}$ Verhältnis 5
0,52744	1	0.067 7421	0,260 273	1
0,53	1,004 85	0.067 7366	0,260 262	0,999 96
0,54	1,023 81	0,067 6951	0,260 177	0,999 63
0,55	1,042 77	0.067 5909	0,259 983	0,998 88
0,56	1,061 71	0,067 4269	0,259 667	0,997 67
0,57	1,080 61	0.067 2028	0,259 238	0,996 02
0,58	1,099 65	0.066 9191	0,258 687	0,993 91
0,59	1,118 61	0.066 5753	0,258 022	0,991 35
0,60	1,137 57	0,066 1714	0,257 233	0,988 34

für ein kleines Gebiet in der Nähe des Grenzwertes von p_m aus Gleichung (13) angegeben, und zwar für $n = 1,405$, wobei $\alpha = 0,52744$ wird. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass sich $\sqrt{\psi}$ weit langsamer ändert, als p_m/p_i, namentlich langsam in der Nähe der Grenze α. Das ist übrigens selbstverständlich, da ψ für

$p_m/p_i = \alpha$ ein Maximum erreicht. Aber auch bis zum Ende der Tabelle muss p_m/p_i noch um rund 14 % zunehmen, damit $\sqrt{\psi}$ um nur 1,2 % abnimmt. Bei Versuchen über Ausflussmengen muss man nun die Ausflusszeit gewöhnlich ziemlich kurz wählen, bis zu 10 Sekunden hinunter. Benutzt man dabei, wie bei den in Zürich angestellten Versuchen, zur Bestimmung der Ausflusszeit eine Uhr mit schleichendem Sekundenzeiger, so kann der Fehler der Zeitbeobachtung am Anfang und Ende je fast 0,2 Sekunden erreichen. Das sind aber zusammen fast 4 % der kürzesten benutzten Beobachtungszeit. Aus so wenig genauen Versuchen lässt sich der Verlauf von G und $\sqrt{\psi}$ nicht sicher genug herleiten, um daraus Schlüsse auf die Konstanz des bei grösserem Ueberdrucke verhältnismässig viel stärker veränderlichen Quotienten p_m/p_i ziehen zu dürfen.

Will man die Frage nach dem Verhalten des Druckes in der Mündungsebene doch auf dem Wege des Versuches zu beantworten suchen, so muss man unmittelbare Druckbeobachtungen vornehmen. Allerdings ist das nur möglich für Mündungen ohne Kontraktion. Solche Versuche habe ich schon vor längerer Zeit mit gut abgerundeten Mündungen angestellt [1]). Dabei hat sich die sonst allgemein als richtig angesehene Beziehung (14) nicht bestätigt. Der Grenzwert $p_m = \alpha\, p_i$ scheint sich nur beim Ausströmen in einen absolut leeren Raum einzustellen. Mit zunehmendem äusserem Drucke nimmt auch p_m ununterbrochen zu, anfangs allerdings nur sehr langsam, in der Nähe von $p_a = \alpha\, p_i$ rascher. Für grössere Werte von p_a wird die Differenz $p_m - p_a$ immer kleiner, bleibt aber auch bei dem kleinsten Druckunterschiede zwischen innen und aussen noch endlich. Der Verlauf von $p_m = f(p_i, p_a)$ entfernt sich aber doch nur wenig von dem unstetigen, in (14) angegebenen, so dass man diesen bei praktischen Rechnungen unbedenklich benutzen darf, jedoch nur als vereinfachende Annäherung.

Bei solchen Versuchen muss man die Pressungen oft sehr rasch sinken lassen. So rasch veränderliche Pressungen gehen aber nicht genau zu beobachten, da bei allen benutzten Manometern Massen- und Reibungswiderstände auftreten. Ich habe die dadurch hervorgerufenen Fehler durch Vertauschung der Instrumente einigermassen auszugleichen gesucht, durchaus befriedigende Ergebnisse

[1]) Civilingenieur, 1874, Bd. XX, S. 13 und 1877, Bd. XXIII, S. 443.

hat das aber auch nicht geliefert. Solche Versuche sollten bei konstanten Pressungen angestellt werden; das würde aber bei Luft so kräftige Pumpen erfordern, wie sie mir hier nicht zur Verfügung stehen. Mit Dampf dagegen könnte man bei konstanten Pressungen arbeiten, und ich hoffe, im Laufe der Zeit noch einmal solche Versuche vornehmen zu können.

Da sich hiernach die Frage nach dem Verhalten des Druckes in der Mündungsebene durch Experimente auf dem einen Wege gar nicht, auf dem andern doch nicht ganz befriedigend lösen lässt, so wäre es wünschenswert, ihr auf dem Wege der Rechnung beikommen zu können. In dieser Richtung sind auch schon vereinzelte Versuche gemacht worden.

Mit einer einzigen Ausnahme wird dabei wesentlich von den vorhin kurz entwickelten Gleichungen ausgegangen. Nach Gleichung (12) ist mit der kürzeren Bezeichnung (15) bei stationärer Bewegung das Produkt

$$F\sqrt{\psi} = \text{const.} \tag{16}$$

Daraus folgt, dass das Maximum von ψ für $p = \alpha p_i$ im engsten Querschnitte des Rohres auftreten muss. Auf diese Beziehung ist meines Wissens zuerst von Emil Herrmann[1]) hingewiesen worden. Wohl unabhängig von ihm entwickelt sie auch Hugoniot[2]). Beide scheinen dieses Ergebnis als Beweis dafür anzusehen, dass der Druck in der Mündungsebene, als im kleinsten Querschnitte, bei grösserem Ueberdrucke den Grenzwert $p_m = \alpha p_i$ annehmen müsse. Hugoniot dehnt diesen Schluss sogar auf den Querschnitt der stärksten Kontraktion aus und behauptet ferner, dass bei kleinem Ueberdrucke der Strahlquerschnitt ununterbrochen abnehme[3]).

Diesen Anschauungen kann ich mich nicht anschliessen. Die entwickelten Gleichungen gelten eigentlich nur für die Bewegung der Flüssigkeit durch ein geschlossenes Rohr, wenn an dessen äusserstem Querschnitte keinerlei weitere Einflüsse wirken, da bei der Entwickelung der Formeln keine berücksichtigt worden

---

[1]) Compendium der mechanischen Wärmetheorie, Berlin, Ernst & Korn, 1879, Seite 83.

[2]) Comptes rendus, 1886, Bd. 103, Seite 242.

[3]) Comptes rendus, 1886, Bd. 103, Seite 1180.

sind. Man kann also aus Glchg. (16) nur den Schluss ziehen, dass sich beim Ausströmen in einen absolut leeren Raum im engsten Querschnitte des Rohres der Druck αp_i einstellen muss. Das nämliche wird man auch vom Drucke in einer Mündungsebene beim Ausströmen ohne Kontraktion erwarten dürfen, aber nur, wenn ebenfalls $p_a = 0$ ist. Doch ist auch diese Annahme durchaus nicht als bewiesen anzusehen, weil die raschere Ausbreitung des freien Strahles in anderer Weise erfolgt, als die Ausbreitung in einem sich unendlich langsam erweiternden Rohre. Weitergehende Schlüsse sind aber für solche Mündungen unzulässig. Und bei Mündungen mit Kontraktion gelten die bisherigen Gleichungen überhaupt nicht mehr, denn sie setzen ausser einer Zustandsänderung nach $p v^n =$ const. auch voraus, dass in allen Punkten eines Strahlquerschnittes je gleicher Druck herrsche, während im Querschnitte der stärksten Kontraktion der Druck von innen nach aussen zu abnehmen muss, damit sich die Flüssigkeitsteilchen dort in ihren krummlinigen Bahnen bewegen können. Die letzte Behauptung Hugoniot's endlich widerspricht den Thatsachen. Wenigstens habe ich bei Versuchen über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Rohre auch beim kleinsten Ueberdrucke stets Ausströmen mit vollem Querschnitte beobachtet, sogar bei einer gelegentlich sehr bedeutenden Erweiterung des Rohres.

Aus diesen Gründen erscheint es mir nicht zulässig, die Frage nach dem Drucke in der Mündungsebene aus den gewöhnlichen Bewegungsgleichungen zu beantworten.

Die vorhin angedeutete ausnahmsweise und ganz eigenartige rechnerische Behandlung des Ausströmungsvorganges ist die von Georg Lindner entwickelte „Theorie der Gasbewegung", die sich in den „Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses" in den Jahrgängen 1889 und 1890 veröffentlicht findet[1]). Ich muss kurz auf die wesentlichen Abweichungen dieser Theorie von der sonst üblichen eingehen. Dabei handelt es sich namentlich um vier verschiedene Punkte, die aber sämtlich schon im Jahrgange 1889 behandelt sind; ich gebe daher, wo ich auf

[1]) Jahrgang 1889, Seite 45, 97, 132, 183, 250, 341, 479, und Jahrgang 1890, Seite 69 und 108.

bestimmte Stellen hinweisen muss, nur einfach die Seitenzahl an, ohne den Jahrgang 1889 noch besonders hinzuzufügen.

Die erste Bemerkung bezieht sich auf die 3 Gleichungen:

$$P \delta \xi = \int p \cos(n x) \, d s \; \delta x$$

$$Q \delta \eta = \int p \cos(n y) \, d s \; \delta y$$

$$R \delta \zeta = \int p \cos(n z) \, d s \; \delta z,$$

die Lindner auf Seite 98 aufstellt. In ihnen bedeutet p den specifischen Druck auf ein Oberflächenelement ds eines beliebigen Teiles der Flüssigkeit, n die Richtung der Normalen zu ds und δx, δy und δz die virtuellen Verrückungen der einzelnen Oberflächenelemente ds nach den Richtungen der 3 Koordinatenachsen x, y und z. Die 3 Integrale rechts sind daher die Arbeiten, die der Oberflächendruck nach diesen 3 Richtungen auf die ganze betrachtete Flüssigkeitsmenge ausübt. Links bedeuten P, Q und R Kräfte, die am Schwerpunkte des von den Oberflächenelementen ds eingeschlossenen Teiles der Flüssigkeit angreifen, $\delta \xi$, $\delta \eta$ und $\delta \zeta$ die gleichzeitigen virtuellen Verrückungen des Schwerpunktes nach den 3 Achsen. Die Gleichungen sagen nun aus, dass sich die Arbeit der Oberflächenpressungen auf die Arbeit von Kräften am Schwerpunkte zurückführen lassen solle. Eine solche Zurückführung wäre nun bei einem starren Körper wohl möglich. Hier handelt es sich aber um elastische Flüssigkeiten, und da können Oberflächenpressungen ganz wohl Arbeit auf ein Flüssigkeitsteilchen übertragen, ohne dass sich sein Schwerpunkt entsprechend mitfortbewegt; die Arbeit wird dann ganz oder teilweise auf Ueberwindung der Elasticität aufgebraucht. Die 3 Gleichungen gelten also für elastische Flüssigkeiten nicht. Von seiner unrichtigen Annahme ausgehend, bekommt Lindner dann in den Euler'schen hydrodynamischen Gleichungen die specifische Masse μ unter das Differential, so dass seine von den Pressungen herrührenden Glieder

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p}{\mu}\right), \quad \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{p}{\mu}\right) \text{ und } \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{p}{\mu}\right)$$

lauten, während die richtigen Ausdrücke sind:

$$\frac{1}{\mu}\frac{\partial p}{\partial x}, \quad \frac{1}{\mu}\frac{\partial p}{\partial y} \text{ und } \frac{1}{\mu}\frac{\partial p}{\partial z}.$$

Eine zweite wesentliche Neuerung, die Lindner an den Bewegungsgleichungen vornimmt, besteht in der Einführung einer Einwirkung, die er „Störungswiderstand" nennt. Zur Erläuterung dieses Störungswiderstandes denkt sich Lindner auf Seite 138 und 139 „einen beliebig begrenzten Körper innerhalb einer Gasmasse von unbeschränkter Ausdehnung", oder auch (Seite 142) „einen beliebig kleinen Teil der Masse des Gases selbst". Diesem Körper oder dieser Gasmasse erteilt er nun „eine plötzliche Geschwindigkeitsänderung, z. B. eine positive Beschleunigung". Die Folge davon sei eine Kompression und Verdrängung des Gases vor dem Körper, eine Verdünnung und ein Nachströmen des dahinter befindlichen Gases. So denkt man sich sonst den Widerstand bei der Bewegung eines Körpers im widerstehenden Mittel hervorgerufen. Lindner dagegen nimmt an, Seite 138 unten, dass die Kompression u. s. w. nur so lange anhält, „bis ein der neuen Geschwindigkeit entsprechender Beharrungszustand wieder hergestellt sein wird." Es soll also dadurch nur ein Widerstand gegen eine Aenderung der Geschwindigkeit verursacht werden, und zwar sowohl gegen eine Beschleunigung, als auch gegen eine Verzögerung. Dem Störungswiderstande wird damit die gleiche Eigenschaft beigelegt, wie dem Beharrungsvermögen der Materie.

Weiterhin sucht Lindner die Grösse des Störungswiderstandes zu berechnen (Seite 143 und 144). Zu diesem Zwecke macht er die Annahme, der Störungswiderstand sei proportional mit der Aenderung dL der angehäuften Arbeit der fortschreitenden Bewegung des Flüssigkeitsteilchens und setzt ihn gleich μdL. Beide Arbeiten werden geleistet durch die Expansionsarbeit $p\,dV$ des betrachteten Teilchens oder eines benachbarten, und das führt auf die Gleichung (Seite 143):

$$\frac{1}{1+\mu}\,p\,d\,V = d\,L.$$

Auf der gleichen Seite unten sucht Lindner den Vorgang noch in anderer Weise darzustellen. Er betrachtet eine Reihe aufeinanderfolgender Teilchen, die einen kontinuierlichen Strahl bilden, und nimmt an, dass sie expandieren. Die Expansionsarbeiten zweier benachbarter Teilchen sind dann „nur um eine unendlich kleine Grösse höherer Ordnung verschieden", gehen also beide

gleich $p\,dV$ zu setzen. „Wenn nun jedes Teilchen die von ihm geschaffene mechanische Arbeit im Entstehungsmoment in lebendige Kraft seiner Bewegung umwandeln wollte, so müsste es den μfachen Betrag oder $\mu\,p\,dV$ je an das Nachbarteilchen übertragen, während dieses eine gleiche Arbeit $p\,dV$ leistet". Daraus leitet Lindner für jedes Teilchen die Beziehung ab (Seite 144):

$$(\mu - 1)\,p\,d\,V = d\,L.$$

In dieser Gleichung setzt er also den Störungswiderstand gleich $\mu\,p\,dV$, während er ihn in die vorige mit μdL eingeführt hatte. Da aber $p\,dV$ nicht gleich $d\,L$ ist, so erscheint das unzulässig. Die beiden Gleichungen können nur dann gleichzeitig bestehen, wenn man in ihnen den μ verschiedene Werte beilegt. Lindner setzt aber beide Werte von μ einander gleich und findet sie aus den beiden Gleichungen zu:

$$\mu = \sqrt{2}.$$

Auf Seite 146—148 untersucht Lindner dann eine Wärmemitteilung bei konstantem Volumen und bei konstantem Drucke, die beide Male die nämliche Temperaturerhöhung erzeugen soll. Durch Anschauungen und Annahmen, für die ich aber eine eingehendere Erläuterung und genaue Begründung vermisse, kommt er dabei zu dem „inhaltsschweren Schluss", dass der Quotient n der beiden specifischen Wärmen bei konstantem Drucke und bei konstantem Volumen dem Koefficienten μ des Störungswiderstandes gleich sein müsse, dass also auch

$$n = \sqrt{2}$$

wäre. Nun ist allerdings für die zweiatomigen Gase Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff n angenähert gleich $\sqrt{2}$, wenn auch etwas kleiner, für die einatomigen Gase Argon und Helium und die einatomigen Dämpfe von Cadmium, Quecksilber und Zink ist dagegen

$$n = 1{,}66,$$

während sich für die Halogene: Brom, Chlor, Jod

$$n = 1{,}30$$

ergeben hat[1]). Das Lindner'sche Ergebnis für n entspricht also der Wirklichkeit nicht.

Die Einführung des Störungswiderstandes erscheint daher auch nicht als eine Verbesserung der Theorie der Gasbewegung.

Der dritte Punkt, den ich aus den Lindner'schen Untersuchungen hervorheben möchte, betrifft seinen Einwand gegen die bekannte Clausius'sche Berechnung des Druckes aus den Molekularstössen. Clausius rechnet dabei mit einer mittleren, für alle Molekeln gleichen Geschwindigkeit w. Er betrachtet dann eine grössere Wandfläche F mit einer anstossenden Gasschicht, in der sich n Molekeln hin und her bewegen, und zwar nach allen möglichen Richtungen. Lindner glaubt wesentlich richtiger vorzugehen (Seite 252), indem er nur eine Molekel herausgreift und ihre wiederholten Stösse gegen den zugehörigen Teil der Wandfläche, also gegen F/n, untersucht. Das ist aber in Wirklichkeit kein Unterschied, und hätte Lindner weiterhin den Clausius'schen Weg eingeschlagen, so hätte er kein abweichendes Ergebnis erhalten. Clausius bestimmt nämlich zuerst den Anteil, den diejenigen Molekeln an den Druck liefern, die sich in dem Winkelintervall ϑ bis $\vartheta + d\vartheta$ gegenüber der Normalen zur Wandfläche bewegen. Dann integriert er diesen Ausdruck zwischen $\vartheta = 0$ und $\vartheta = 90^0$ und findet schliesslich, wenn m die mittlere Masse einer Molekel bezeichnet:

$$\frac{m w^2}{2} = \frac{3}{2} p v.$$

Lindner dagegen bestimmt zunächst die Anzahl der Stösse der Molekel gegen die Wand und findet sie gleich gross, wie wenn sich die Molekel ununterbrochen unter $\vartheta = 45^0$ bewegen würde, anstatt in Wirklichkeit nacheinander in allen Richtungen. Unabhängig davon bestimmt er ferner die mittlere Stärke der einzelnen Stösse, und diese ergiebt sich für die Richtung $\vartheta = 60^0$. Den ganzen specifischen Druck berechnet er dann als das Produkt der beiden Mittelwerte. Das giebt ihm endlich

$$\frac{m w^2}{2} = \sqrt{2}\, p v = \mu\, p v.$$

[1]) Nach der Zusammenstellung von Berthelot, Comptes rendus, 1897, Band 124, Seite 120.

Dieses Lindner'sche Vorgehen ist aber vom mathematischen Standpunkte aus durchaus unhaltbar; da der gesuchte Druck mit dem Produkte aus der Anzahl und der Stärke der Molekularstösse proportional ist, so ist es nur zulässig, einen Mittelwert von ϑ für dieses Produkt selbst zu bestimmen, aber nicht zwei von einander verschiedene Mittelwerte für die beiden Faktoren. Lindners Einwand gegen die Clausius'sche Entwickelung ist daher hinfällig.

Der letzte Punkt, den ich aus der Lindner'schen Theorie besprechen möchte, ist die Art und Weise, wie er den Einfluss des äusseren Druckes, p_a, in die Bewegungsgleichungen einführt, Seite 352 bis 354: Die Arbeit, die „ein einzelnes Massenteilchen innerhalb des Stromes" „erzeugt", ist $p\,d\,V$. „Wenn das Gasteilchen um $d\,V$ expandiert, so erfährt die äussere Pressung die Raumänderung $(-\,d\,V)$. Sie leistet dabei die Arbeit $p_a\;(-\,d\,V)$ und erleidet also die Arbeit $p_a\,d\,V$." Diese Arbeit wird nun bei Expansion subtraktiv, bei Kompression additiv zu $p\,d\,V$ hinzugefügt. Das giebt, gleich auf die Gewichtseinheit angewendet, die Beziehung:

$$(p \mp p_a)\,d\,v = (1 + \mu)\,d\,L,$$

wonach der Ueberschuss $(p \mp p_a)\,d\,v$ die angehäufte Arbeit des Teilchens um $d\,L$ ändern und den Störungswiderstand mit $\mu\,d\,L$ überwinden soll.

Hier bin ich mit Lindner so weit in Uebereinstimmung, dass ich auch annehme, der äussere Druck übe stets einen Einfluss auf die Bewegungserscheinung aus. Die Art aber, wie er ihn einführt, halte ich für unzulässig. Wenn man die Verhältnisse an einem Massenteilchen innerhalb des Stromes untersuchen will, so darf man nur die Kräfte einführen, die unmittelbar an dem betrachteten Teilchen angreifen. Zu diesen gehört aber der äussere Druck im allgemeinen nicht, da der nur auf die Teilchen am Rande des Strahles wirken kann. Die letzte hier angeführte Lindner'sche Gleichung ist daher auch nicht richtig, noch ganz abgesehen von μ.

Aus diesen Bemerkungen folgt, dass die Lindner'sche Theorie der Gasbewegung auf teilweise mindestens sehr unsicherer, teilweise aber sogar entschieden unrichtiger Grundlage aufgebaut ist, dass sie also nicht als Lösung der Frage angesehen werden kann.

Wenn man den Einfluss des äusseren Druckes auf das Ausströmen elastischer Flüssigkeiten aus Gefässmündungen auf dem Wege der Rechnung weiter untersuchen will, so muss man von vornherein auf ganz genaue Ergebnisse verzichten. Es ist dazu nötig, die Flüssigkeit bei ihrer Bewegung ausserhalb der Mündung zu verfolgen. Man hat es daher mit einer Strahlbildung zu thun. Eine solche lässt sich aber bekanntlich einstweilen nur für eine tropfbare Flüssigkeit, also bei konstantem specifischem Volumen, nachrechnen und auch das nur beim Vorhandensein eines Geschwindigkeitspotentials und für nur zwei Koordinaten.[1]) Bei den elastischen Flüssigkeiten muss man dagegen einige Annäherungen zulassen und kann auch so nur allgemeinere Beziehungen herleiten.

Zunächst muss man annehmen, der Strahl bleibe aussen vollkommen isoliert, mische sich also auf der ganzen untersuchten Strecke nicht mit der umgebenden Flüssigkeit. Dagegen kann ein Wärmeaustausch mit der Umgebung in der Rechnung leicht berücksichtigt werden.

Nach dem Verlassen der Mündungsebene ändert der Flüssigkeitsstrahl seinen Querschnitt im allgemeinen ununterbrochen. Man muss nun entweder annehmen, diese Aenderung erfolge sehr langsam; dann kann man von ebenen Querschnitten des Strahles ausgehen und die in sie hineinfallenden Komponenten der Geschwindigkeit angenähert vernachlässigen. Oder man führt gekrümmte Querschnitte ein, die in allen ihren Punkten senkrecht zu den dortigen Geschwindigkeitsrichtungen stehen; dann kann man mit den wirklichen Geschwindigkeiten rechnen und dabei beliebig rasche Querschnittsänderungen zulassen.

Ausserhalb der Mündungsebene muss nun die erste Hauptgleichung der Wärmetheorie in der anfangs unter (1) angegebenen allgemeinen Gestalt auch gelten. Ihre Anwendung wird aber dadurch erschwert, dass hier in den ebenen oder gekrümmten Querschnitten des Strahles die Pressung im allgemeinen veränderlich ist. Daher müssen sich auch die Geschwindigkeit, die Temperatur und das specifische Volumen in jedem Querschnitte von Punkt zu Punkt ändern.

---

[1]) Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik, Mechanik, 1. Auflage, Seite 273.

Man müsste die Gleichung also zuerst auf einen Flüssigkeitsfaden von unendlich kleinem Querschnitte anwenden und sie dann erst über den ganzen Querschnitt des Strahles integrieren. Nun ist aber das Gesetz der Veränderlichkeit von p, v und w nicht angebbar; experimentell lässt es sich für weiter ausserhalb liegende Querschnitte auch nicht bestimmen. Es bleibt daher nichts anderes übrig, als gleich mit Mittelwerten für den ganzen Querschnitt zu rechnen.

Zur Bestimmung von $d\,W$ in Glchg. (1) sei p der Druck auf zunächst ein Element f des Strahlquerschnittes. Dann wird auf dieses Element an seiner Rückseite in der Zeit $d\,t$ die Arbeit

$$p\,f\,w\,dt$$

übertragen. An seiner Vorderfläche giebt es dagegen die Arbeit

$$p\,f\,w\,dt + d\,(p\,f\,w)\,dt$$

ab. Es verrichtet also durch seine Zustandsänderung in der Richtung von w eine Arbeit gleich der Differenz beider Werte, d. i.

$$d\,(p\,f\,w)\,dt = d\,(p\,f\,w\,dt).$$

Hierin ist $f\,w\,dt = v\,d\,G$ das durch f in dt strömende Volumen, daher die Arbeit auch

$$d\,(p\,v\,d\,G).$$

Summiert man diesen Wert über den ganzen Querschnitt und dividiert die Summation durch $\Sigma\,(d\,G)$, so wird

$$d\,W = \frac{1}{\Sigma\,(d\,G)}\,d\,\Sigma\,(p\,v\,d\,G).$$

Führt man jetzt für p und v Mittelwerte im ganzen Querschnitte ein, so kann man das Produkt $p\,v$ vor das Summationszeichen setzen. Dann hebt sich $\Sigma\,(d\,G)$ weg und man erhält

$$d\,W = d\,(p\,v). \tag{17}$$

Das ist aber der gleiche Ausdruck wie in Glchg. (2).

Die Aenderung der angehäuften Arbeit der fortschreitenden Bewegung wird auch, wenn man unter w^2 den Mittelwert der Geschwindigkeitsquadrate versteht, wie früher in Glchg. (3),

$$d\,N = d\left(\frac{w^2}{2\,g}\right). \tag{18}$$

Hieraus folgt, dass auch **ausserhalb der Mündungsebene** die Glchg. (4)

$$(19) \qquad d\,Q = A\left[d\,U + d\,(p\,v) + d\left(\frac{w^2}{2\,g}\right)\right]$$

gelten muss, nur mit dem Unterschiede, dass hier p, v und w^2 Mittelwerte bedeuten.

Für die Zustandsänderung jedes einzelnen Flüssigkeitselementes gegenüber seiner fortschreitenden Bewegung gelten dagegen hier die früheren Beziehungen nicht mehr, da sich der Druck nicht nur im Sinne der Bewegung, sondern auch senkrecht dazu ändert. Die Aenderung erfolgt aber doch nach beiden Richtungen stetig, so dass der Druck der umgebenden Elemente von dem Drucke des betrachteten nur unendlich wenig verschieden ist. Daher gilt für jedes **Element** auch hier die Glchg. (5) der statischen Zustandsänderungen:

$$(20) \qquad d\,Q = A\,(d\,U + p\,d\,v).$$

Diese Gleichung muss aber noch für den **ganzen endlichen Querschnitt** des Flüssigkeitsstrahles umgeformt werden. In $d\,U$ ist dabei auch einfach der **Mittelwert** von p und v für den ganzen Querschnitt einzuführen. Das letzte Glied $p\,d\,v$ erfordert dagegen eine besondere Umformung. Dabei muss man die ganze Volumenänderung eines Elementes in zwei Teile zerlegen: die eine in der Richtung der Bewegung, die andere senkrecht dazu.

Zur Bestimmung der Arbeit in der Richtung der Bewegung sei wieder f der Querschnitt eines Elementes, dann bestreicht seine hintere Endfläche in der Zeit $d\,t$ ein Volumen

$$f\,w\,d\,t,$$

die vordere dagegen ein solches

$$f\,(w + d\,w)\,d\,t.$$

Die ganze Volumenzunahme des Elementes in der Richtung der Bewegung ist daher

$$f\,(w + d\,w)\,d\,t - f\,w\,d\,t = f\,d\,w\,d\,t.$$

Da es unter dem Drucke p steht, so verrichtet es dabei die äussere Arbeit

$$p\,f\,d\,w\,d\,t.$$

Das Gewicht, das in $d\,t$ durch f strömt, beträgt

$$d\,G = \frac{f\,w\,d\,t}{v}.$$

Daher verrichtet jedes durch f durchströmende Kilogramm die Arbeit

$$(21) \qquad d\,W_1 = p\,f\,d\,w\,d\,t\,\frac{v}{f\,w\,d\,t} = p\,v\,\frac{d\,w}{w}.$$

Dieser Wert müsste nun über den ganzen Querschnitt summiert und durch die Anzahl der Elemente dividiert werden, um die Arbeit zu erhalten, die jedes durch den ganzen Querschnitt strömende Kilogramm auf dem Längenelement des Strahles verrichtet. Da aber die Verteilung von p, v und w über den Querschnitt nicht bekannt ist, so muss man auch hier für alle drei Grössen Mittelwerte eingeführt denken. Dann giebt Glchg. (21) schon diese Arbeit für den ganzen Querschnitt.

Der zweite Teil der Volumenänderung geht gleich für den ganzen Querschnitt F zu erledigen. Bezeichnet s die Höhe der Schicht, so enthält sie ein Flüssigkeitsgewicht

$$G = \frac{F\,s}{v},$$

wo für v auch sein Mittelwert im Querschnitte zu nehmen ist. Diese Schicht vergrössert ihren Querschnitt um $d\,F$ unter Ueberwindung des an ihrem Umfange herrschenden äusseren Druckes p_a, sie verrichtet dabei also die Arbeit

$$p_a\,s\,d\,F.$$

Dividiert man diesen Wert durch G, so erhält man die Arbeit für jedes durchgeströmte Kilogramm der Flüssigkeit zu

$$(22) \qquad d\,W_2 = p_a\,s\,d\,F\,\frac{v}{F\,s} = p_a\,v\,\frac{d\,F}{F}.$$

Die Addition der beiden Glchgn. (21) und (22) ergiebt endlich als ganze äussere Arbeit, die für $p\,d\,v$ in Glchg. (20) einzusetzen ist:

$$(23) \qquad p\,d\,v = d\,W_1 + d\,W_2 = v\left(p\,\frac{d\,w}{w} + p_a\,\frac{d\,F}{F}\right).$$

Man kann den gleichen Ausdruck noch auf anderem und kürzerem Wege finden. Die Kontinuitätsgleichung (6) schreibt sich auch, mit Mittelwerten für w und v,

$$G\,v = F\,w.$$

Das Differential dieser Gleichung ist

$$G\,d\,v = F\,d\,w + w\,d\,F,$$

und wenn man es durch die ursprüngliche Gleichung dividiert, so folgt daraus für die Aenderung des mittleren specifischen Volumens

$$(24) \qquad d\,v = v\left(\frac{d\,w}{w} + \frac{d\,F}{F}\right).$$

$d\,v$ setzt sich also aus zwei Teilen zusammen. Die eine Aenderung erfolgt in der Richtung von w und rührt daher, dass die vordere Endfläche einer unendlich dünnen Schicht mit einer um $d\,w$ grösseren Geschwindigkeit vorrückt, als ihr die hintere Endfläche folgt; in dieser Richtung wird der mittlere Druck p ausgeübt. Der zweite Teil der Aenderung von v erfolgt durch eine Zunahme des Querschnittes um $d\,F$, wobei der äussere Druck p_a überwunden werden muss. Multipliziert man daher $v\,d\,w/w$ mit p und $v\,d\,F/F$ mit p_a und addiert beide Werte, so muss man die ganze Arbeit erhalten, die von jedem durch die Schicht strömenden Kilogramme verrichtet wird. Diese Summe ist aber gleich dem Ausdrucke auf der rechten Seite von Glchg. (23).

Ausserhalb der Mündungsebene wird der Strahl Widerstände zu überwinden haben, teils Reibungen an der umgebenden Flüssigkeit, teils Wirbelbildungen im Inneren infolge der verschiedenen Geschwindigkeiten seiner einzelnen Teilchen. Dadurch wird ein Arbeitsverlust hervorgerufen, der, bezogen auf jedes durch ein Längenelement des Strahles strömende Kilogramm mit $d\,W_r$ bezeichnet werden möge. Er setzt sich in Wärme um, und es soll angenommen werden, diese Wärme bleibe vollständig in der bewegten Flüssigkeit. Dann ist in der Gleichung (20) für die statische Zustandsänderung zu der von aussen mitgeteilten Wärmemenge $d\,Q$ noch $A\,d\,W_r$ zu addieren. Setzt man gleichzeitig $p\,d\,v$ aus (23) in (20) ein, so folgt

$$d\,Q + A\,d\,W_r = A\left[d\,U + v\left(p\,\frac{d\,w}{w} + p_a\,\frac{d\,F}{F}\right)\right],$$

oder, wenn man noch $v\,d\,w/w$ aus Glchg. (24) einführt,

$$(25) \qquad d\,Q + A\,d\,W_r = A\left[d\,U + p\,d\,v - (p - p_a)\,v\,\frac{d\,F}{F}\right].$$

Hierin ist $d W_r$ stets positiv, während die übrigen Differentiale sowohl positiv, als auch negativ sein können.

Für die weitere Rechnung sollte nun diese Gleichung (25) mit der früheren Gleichung (19) verbunden werden. Das ist aber streng genommen nicht unmittelbar zulässig, weil in (19) der Mittelwert der Quadrate der Geschwindigkeiten auftritt, in (25) dagegen der Mittelwert ihrer ersten Potenzen. Da man aber die Verteilung von w über den Querschnitt nicht kennt, so kann man den Zusammenhang dieser beiden Mittelwerte auch nicht angeben. Um aber doch wenigstens einen angenäherten Grenzwert für ihr gegenseitiges Verhältnis zu erhalten, soll das widerstandslose Ausströmen eines vollkommenen Gases in einen absolut leeren Raum untersucht und dabei angenommen werden, die Geschwindigkeit verteile sich im freien Strahle nach einem Rotationsparaboloid, eine Verteilung, wie sie von Althans[1]) für ein cylindrisches Rohr gefunden worden ist. Bezeichnet dann

w_o die Geschwindigkeit in der Strahlachse,
w die Geschwindigkeit im Abstande x von der Achse,
w_a die Geschwindigkeit am Rande des Strahles, im Abstande r,

so ist nach dieser Annahme

$$w = w_o + 2 \lambda x^2, \tag{26}$$

$$w_a - w_o = 2 \lambda r^2. \tag{27}$$

Die allgemeine Geschwindigkeit w herrscht in einem Kreisringe vom Flächeninhalte $d(\pi x^2)$, und daher wird die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Querschnitte mit (26):

$$w_m = \frac{1}{\pi r^2} \int_{x=o}^{x=r} w \, d(\pi x^2) = w_o + \lambda r^2,$$

oder, wenn man λr^2 aus (27) einsetzt:

$$w_m = \frac{w_o + w_a}{2},$$

$$(w_m)^2 = \frac{1}{4} (w_o^2 + 2 w_o w_a + w_a^2). \tag{28}$$

---

[1]) Dingler 1888, **270**, 368.

Der Mittelwert der Geschwindigkeitsquadrate, $(w^2)_m$, berechnet sich in gleicher Weise zu

$$(w^2)_m = \frac{1}{3}(w_o^2 + w_o\, w_a + w_a^2). \tag{29}$$

Dividiert man (29) durch (28), so wird der Quotient beider Mittelwerte

$$\frac{(w^2)_m}{(w_m)^2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{w_o^2 + w_o\, w_a + w_a^2}{w_o^2 + 2\, w_o\, w_a + w_a^2}. \tag{30}$$

Der erste Faktor ist grösser, der zweite kleiner als die Einheit, es ist also zu erwarten, dass das Produkt nicht stark von der Einheit verschieden sein wird.

Da adiabatisches Ausströmen eines vollkommenen Gases in einen absolut leeren Raum vorausgesetzt ist, so wird sich der Druck in der Mündungsebene nach Glchg. (13) mit angenähert $\alpha\, p_i$ einstellen. Damit wird die eckige Klammer unter der Wurzel in Glchg. (11)

$$1 - \left(\frac{p}{p_i}\right)^{\frac{n-1}{n}} = 1 - \alpha^{\frac{n-1}{n}} = 1 - \frac{2}{n+1} = \frac{n-1}{n+1}.$$

Die Geschwindigkeit in der Mündungsebene ist daher

$$w = \sqrt{2\, g\, R\, T_i \frac{n}{n-1}\left(\frac{n-1}{n+1}\right)}. \tag{31}$$

Ausserhalb der Mündung nimmt die Geschwindigkeit zu, aber in der Achse des Strahles langsamer, als an seinem Umfange. w_o ist also jedenfalls nicht kleiner, als w aus Glchg. (31). Für die äussersten Flüssigkeitsfäden wird man hier Glchg. (11) auch ausserhalb der Mündung angenähert gelten lassen dürfen. Ist dann dort $p = p_a = 0$ geworden, so giebt (11)

$$w_a = \sqrt{2\, g\, R\, T_i \frac{n}{n-1}}. \tag{32}$$

Grösser kann die Geschwindigkeit am Rande des freien Strahles nicht werden. Aus (32) und (31) folgt daher der Grenzwert des Quotienten w_a/w_o zu

$$\frac{w_a}{w_o} < \sqrt{\frac{n+1}{n-1}}, \text{ d. h. } \frac{w_a}{w_o} < 2{,}44.$$

Mit diesem Zahlenwerte ergiebt sich der Quotient in Glchg. (30) zu:

(33) $$\frac{(w^2)_m}{(w_m)^2} = 1{,}058,$$

und das ist als sein unter den gemachten Annahmen höchster denkbarer Wert anzusehen. Die beiden Mittelwerte der Geschwindigkeiten zeigen sich hiernach so wenig voneinander verschieden, dass man sie für die hier beabsichtigte, doch nicht streng durchführbare Rechnung unbedingt unter sich gleich setzen darf.

Mit dieser Annäherung ist es dann zulässig, die beiden Gleichungen (19) und (25) in der gefundenen Gestalt gleichzeitig zu benutzen. Dabei ist aber die durch die Widerstände aus äusserer Arbeit erzeugte Wärmemenge $A\,d\,W_r$ in (19) nicht zu $d\,Q$ hinzuzufügen, da es sich bei ihr nicht um eine Wärmemitteilung von aussen her handelt.

Setzt man nun $d\,Q$ aus (19) in (25) ein, so wird, da A fortfällt,

$$d\,U + d\,(p\,v) + d\left(\frac{w^2}{2\,g}\right) + d\,W_r = d\,U + p\,d\,v - (p - p_a)\,v\,\frac{d\,F}{F},$$

und hieraus ergiebt sich nach leichter Umformung:

(34) $$d\left(\frac{w^2}{2\,g}\right) = -\,v\,d\,p - (p - p_a)\,v\,\frac{d\,F}{F} - d\,W_r.$$

Man erhält also für die Aenderung der angehäuften Arbeit der fortschreitenden Bewegung der Flüssigkeit aussen einen allgemeineren Ausdruck als innerhalb der Mündungsebene. Für $p = p_a$ und ohne Berücksichtigung der Widerstände geht er aber in den einfachen Wert $-\,v\,d\,p$ über, der bekanntlich im Inneren eines Rohres gilt.

Multipliziert man Glchg. (34) mit G/w und berücksichtigt dabei die Bedingung der Kontinuität, (6), so kann man sie auf die Gestalt bringen:

$$M\,d\,w = -\,F\,d\,p - (p - p_a)\,d\,F - G\,\frac{d\,W_r}{w},$$

und hier lässt sich, da aussen $p_a = \text{const.}$ angenommen werden muss, die rechte Seite noch einfacher schreiben, so dass man erhält:

(35) $$M\,d\,w = -\,d\,[F\,(p - p_a)] - G\,\frac{d\,W_r}{w}.$$

Wenn man in (35) die Widerstände vernachlässigt, das Differential rechts in

$$d\,[F(p - p_a)] = d\,(F p) - p_a\,d\,F$$

auflöst, $F p$ und $M w$ je additiv und subtraktiv hinzufügt und anders ordnet, so erhält man:

$$F p + d\,(F p) = F p + M\,[w - (w + d\,w)] + p_a\,d\,F,$$

und diesen Ausdruck hätte man, ebene Querschnitte vorausgesetzt, nach dem Satze von den Bewegungsgrössen unmittelbar hinschreiben können.

Aus Glchg. (35) lassen sich einige Schlüsse auf die Aenderung der Geschwindigkeit im Verlaufe der Bewegung ziehen. Dabei sollen aber zunächst die Widerstände vernachlässigt werden.

Vom Ueberdrucke $p - p_a$ wird man als selbstverständlich annehmen müssen, dass er ununterbrochen abnimmt, bis er schliesslich einmal Null geworden ist. Der Querschnitt F nimmt bei Mündungen mit Kontraktion von der Mündungsebene bis zur engsten Stelle auch ab, so dass auf diesem Gebiete jedenfalls

$$d\,[F(p - p_a)] < 0, \text{ also } d\,w > 0$$

sein muss. Hinter dem kleinsten Querschnitte, ebenso beim Ausströmen ohne Kontraktion unmittelbar ausserhalb der Mündungsebene, fängt F an zu wachsen. Es ist aber zu erwarten, dass F infolge des Beharrungsvermögens zunächst langsamer zunimmt, als $p - p_a$ abnimmt, so dass das Produkt $F(p - p_a)$ doch abnimmt, w also wächst. Würde sich nun im weiteren Verlaufe des Strahles das Verhältnis der Aenderungen von F und $p - p_a$ dahin umkehren, dass die Zunahme von F die Abnahme von $p - p_a$ überwiegt, so müsste w nach Ueberschreitung eines grössten Wertes schliesslich wieder abnehmen. Ein solcher Verlauf der Geschwindigkeit erscheint aber unter den gemachten Annahmen nicht recht wahrscheinlich; da Widerstände vernachlässigt werden, der Strahl ausserdem vollkommen isoliert vorausgesetzt ist, die Schwerkraft in den Formeln auch nicht auftritt, so ist gar keine Kraftwirkung vorhanden, die eine Verlangsamung der Geschwindigkeit veranlassen könnte. Man wird daher erwarten müssen, dass die Abnahme des Ueberdruckes ununterbrochen das Uebergewicht über die Zunahme von F behält, dass also die Geschwindigkeit ununterbrochen zu-

nimmt. Ist schliesslich $p = p_a$ geworden, so erreicht die Geschwindigkeit ihren grössten Wert, den sie dann beibehält. Ob sich dieser Grenzwert aber bei noch endlichem Strahlquerschnitte einstellt, oder erst nach unendlicher Ausbreitung, das lässt sich nicht entscheiden.

Sind Widerstände zu berücksichtigen, so haben sie stets das Vorzeichen, das ihnen bei der Entwickelung der Formeln von vornherein beigelegt wurde. Aus Glchg. (35) folgt daher, dass sie dw stets verkleinern. Die Geschwindigkeit nimmt also in Folge von Widerständen langsamer zu oder rascher ab als sonst. Bei zunehmendem Querschnitte des Strahles treten nun in der That auch bei elastischen Flüssigkeiten bedeutende Widerstände auf.[1]) Es ist daher wahrscheinlich, dass die Geschwindigkeit schon bald ausserhalb der Mündungsebene anfangen wird, abzunehmen, und schliesslich muss die Flüssigkeit jedenfalls ganz zur Ruhe kommen. Da das aber im allgemeinen bei endlichem Drucke und daher auch endlichem specifischem Volumen geschieht, so kann die vollständige Beruhigung erst bei unendlich grossem Querschnitte eintreten. Dort ist dann natürlich $p = p_a$, und es fragt sich, welchen Wert das Produkt $F(p - p_a)$ bei eingetretener Beruhigung annimmt. Um das zu entscheiden, braucht man nur zu beachten, dass ein in die Atmosphäre austretender Dampfstrahl bald nach dem Verlassen einer kreisförmigen Mündung eine Gestalt annimmt, die man, unabhängig von den Wirbelbildungen, genügend genau als einen geraden Kreiskegel ansehen kann. Bei anderen elastischen Flüssigkeiten ist Aehnliches zu erwarten. In einem so geformten Strahle werden sich die einzelnen Flüssigkeitsteilchen angenähert in Geraden bewegen die durch die Kegelspitze gehen. Die Geradlinigkeit der Bahnen ist aber ein Beweis dafür, dass keine seitlichen Kraftwirkungen vorhanden sind, dass also der Druck in allen Punkten eines Querschnittes den gleichen Wert angenommen hat. Man muss hieraus schliessen, dass der Druck in einem sich frei ausbreitenden Strahle einer elastischen Flüssigkeit sehr rasch abnimmt, dass sich also der Ueberdruck $p - p_a$ rascher dem Werte

---

[1]) S. meine „Mitteilungen aus dem Laboratorium für theoretische Maschinenlehre am eidg. Polytechnikum. 5. Versuche mit konisch-divergenten Lokomotiv-Essen". Schweiz. Bauzeitung, 1892. Band XX. Seite 121. Gleichartige Ergebnisse liefern mir neuere Versuche mit einfachen konisch divergenten Röhren.

Null nähert, als der Querschnitt F dem Werte Unendlich. An der Grenze, bei der Beruhigung aussen, muss man daher setzen

$$F_a (p_a - p_a) = \infty \cdot 0 = 0. \tag{36}$$

Dann verschwindet dieser Grenzwert aus dem Integral der Glchg. (35).

In Wirklichkeit vollzieht sich die Beruhigung wegen der Mischung mit der umgebenden Flüssigkeit sogar noch rascher. Nachrechnen lässt sich dieser Fall aber nicht, weil dann die Kontinuitätsgleichung nicht mehr gilt und man auch nicht angeben kann, in welcher Menge die umgebende Flüssigkeit mit in die Bewegung hineingezogen wird.

Wollte man die für die Ausbreitung und Beruhigung des Flüssigkeitsstrahles gefundenen Formeln wieder nur auf das adiabatische Ausströmen vollkommener Gase anwenden, so müsste man in Glchg. (19) die beiden früher schon benutzten Beziehungen aus den Glchgn. (7) und (8) einsetzen und erhielte dadurch die Glchg. (9) wieder, nämlich

$$d\left(\frac{w^2}{2g}\right) = -\frac{n}{n-1} R\, d\, T. \tag{37}$$

Dann bestände also zwischen der mittleren Geschwindigkeit w und der mittleren Temperatur T ausserhalb der Mündungsebene der gleiche Zusammenhang wie innerhalb. Und daraus würde folgen, dass das Gas, wenn es aussen zur Ruhe kommt, wieder seine innere Temperatur annimmt. Es ist das ein schon anderweitig und auf anderem Wege nachgewiesenes Verhalten.

Durch die gemachten besonderen Annahmen ginge Glchg. (25) über in

$$d\, W_r = \frac{d\,(p\, v)}{n-1} + p\, d\, v - (p - p_a)\, v\, \frac{d\, F}{F}; \tag{38}$$

integriert könnte sie aber auch nicht werden, da weder das Gesetz, dem die Widerstände folgen, noch der Zusammenhang zwischen F, p und v bekannt ist.

Die weitere Entwickelung soll sich wieder auf die ganz allgemein geltende Glchg. (35) stützen. Integriert man sie, so weit es möglich ist, von der Mündungsebene mit F_m, p_m, v_m bis zur erfolgten Beruhigung aussen mit p_a, $w_a = 0$, $F_a = \infty$ und berücksichtigt dabei Glchg. (36), so erhält man, anders geordnet,

(39) $$G\int_m^a \frac{dW_r}{w} = M w_m + F_m (p_m - p_a).$$

w_m ist dabei abhängig von den Zuständen im Inneren des Gefässes und in der Mündungsebene. Zwischen diesen beiden Zuständen besteht aber ein bestimmter Zusammenhang, der von der Art der Flüssigkeit, von den Widerständen und von einem äusseren Wärmeaustausch abhängt, den man aber doch in der allgemeinen Gestalt

(40) $$f(p_i, v_i) = f(p_m, v_m)$$

darstellen kann. Drückt man nach ihm v_m durch p_i, v_i und p_m aus, so erhält man

(41) $$w_m = \varphi (p_i, v_i, p_m).$$

Mit den beiden letzten Beziehungen folgt dann aus der auf die Mündungsebene angewendeten Kontinuitätsgleichung (6)

(42) $$G = M g = F_m \Phi (p_i, v_i, p_m).$$

Setzt man die Werte aus (41) und (42) in (39) ein, so fällt F_m ganz weg, und man erhält, wenn man in $M w_m$ noch die kürzere Bezeichnung $\Phi \cdot \varphi / g \equiv \Psi$ einführt:

(43) $$\Phi (p_i, v_i, p_m) \int_m^a \frac{dW_r}{w} = \Psi (p_i, v_i, p_m) + p_m - p_a.$$

Um das Integral auf der linken Seite dieser Gleichung ausführen zu können, müsste das Gesetz der Widerstände bekannt sein. Das lässt sich aber nicht von vornherein angeben. Es scheint zwar nahe zu liegen, ähnlich wie in der Hydraulik, die Widerstände von der Geschwindigkeit abhängig anzunehmen. Dabei würde aber eine eigentümliche Schwierigkeit auftreten. Wenn nämlich w ausserhalb der Mündungsebene zunächst noch wächst, um erst nachher abzunehmen, wenn also dw in (35) sein Vorzeichen wechselt, so müsste sich das Gesetz $W_r = f(w)$ bei $dw = 0$ ändern, damit dW_r ununterbrochen einerlei Vorzeichen beibehalten kann. Die gleiche Schwierigkeit würde sich zeigen, wenn man, wie es innerhalb der Mündungsebene geschieht,

$$A\, d W_r = c\, d T \text{ mit } c = \text{const.}$$

setzen wollte, ganz abgesehen davon, dass dann das Integral auch nicht lösbar wäre. Dagegen wäre die Integration durchführbar, wenn man

$$A\,d\,W_r = w \cdot f(p)\,d\,p$$

einführen könnte. Doch sind alle diese Annahmen, ebenso, wie alle übrigen, ganz willkürlich, und sie gehen auch gar nicht durch Versuche auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen, weil es nicht möglich ist, einen Strahl aussen wirklich zu isolieren, wie es die Formeln voraussetzen.

Trotzdem lässt sich noch ein wichtiges Ergebnis herleiten.

Die Widerstände müssen jedenfalls von einer oder von mehreren der Grössen p, v oder T, w und F abhängen. Diese Grössen stehen aber unter sich auch in einem bestimmten Zusammenhange, der allerdings nicht angebbar ist, weil zu seiner Berechnung nur die einzige Glchg. (25) aufgestellt werden kann. Wäre er aber bekannt, so könnte man damit $d\,W_r/w$ in ein vollständiges Differential verwandeln und das Integral ausrechnen. Das bestimmte Integral müsste sich dann durch die beiden Grenzzustände ausdrücken lassen, zwischen denen die Ausbreitung und Beruhigung des Strahles vor sich geht. Und da an der unteren Grenze Glchg. (41) gilt, während an der oberen $w_a = o$ und $p = p_a$ wird, so ist das Integral selbst

$$\int_m^a \frac{d\,W_r}{w} = f(p_i, v_i, p_m, p_a). \tag{44}$$

Es fragt sich nun, ob diese Funktion vielleicht so beschaffen sein kann, dass sich mit ihr in Glchg. (43) eine der drei Pressungen weghebt. Jedenfalls kann das nicht mit p_m geschehen, sonst würde ein ganz bestimmter Zusammenhang zwischen p_i und p_a folgen, während diese beiden Pressungen der Natur der Sache nach gegenseitig vollständig beliebig gewählt werden können, nur mit Einhaltung der Grenzbedingung $p_i > p_a$. Wenn es für W_r ein Gesetz giebt, das einheitlich für alle beliebigen gegenseitigen Werte von p_i und p_a gilt, so kann auch keine dieser beiden Pressungen wegfallen. Denn geschähe es, so müsste ein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen p_m und der nicht verschwindenden Pressung p_a oder p_i bestehen. Das ist aber unmöglich, weil an der Grenze für $p_i = p_a$ p_m diesen beiden Werten auch gleich werden muss.

Man könnte also höchstens noch annehmen, dass W_r bei grösserem Ueberdrucke einem ganz anderen analytischen Gesetze folgt als bei kleinerem, wenn ein solches Verhalten auch nicht gerade wahrscheinlich ist. Damit dann, was nur bei grösserem Ueberdrucke geschehen könnte, p_a verschwindet, müsste, wie einfacher aus der Differentialgleichung (35) erkennbar ist,

$$d\, W_r = -\frac{w}{G}\, d\, [F(p - p_a)] \text{ oder } = -\frac{w}{G}\, F_m\, d\, p$$

sein. Mit diesem Werte für $d\, W_r$ würde jedoch aus (35) $d\, w = o$ folgen, was keinen Sinn hat. Aber auch, wenn man für $d\, W_r$ einen allgemeineren Ausdruck von der Form

$$d\, W_r = -\frac{w}{G}\, d\, [F(p - p_a)] - f(w)\, d\, w$$

einzuführen versucht, erhält man aus (35) nur die Beziehung, dass

$$f(w) = \frac{w}{G}$$

sein müsste. Der sich damit ergebende Wert für d W_r ist dann einfach eine Folge von Glchg. (35). Daher wird für ihn Glchg. (35) identisch Null, und damit verschwindet Glchg. (43) überhaupt.

Wollte man umgekehrt aus (42) bei kleinerem Ueberdrucke p_i wegfallen lassen, so müsste man in (35)

$$d\, W_r = -\frac{w}{g}\, d\, w$$

einführen. Dann würde aber $p = p_a$ folgen und Glchg. (35) nur aussagen, dass, wenn der Druck im Strahle dem umgebenden Drucke gleich geworden ist, die angehäufte Arbeit der offenen Bewegung ganz zur Ueberwindung der Widerstände aufgebraucht wird. Glchg. (43) verschwindet dabei auch wieder ganz. Die Annahme, W_r befolge bei grösserem und kleinerem Ueberdrucke verschiedene Gesetze, aber von der Art, dass je eine der Grenzpressungen aus (43) verschwindet, führt also entweder auf eine Unmöglichkeit oder eine Identität. Jedenfalls erhält man aber aus dieser Annahme keinen Zusammenhang zwischen p_m und nur einer der beiden anderen Pressungen.

Aus den vorstehenden Erörterungen muss man nun den Schluss ziehen, dass aus Glchg. (43) keine der drei Pressungen verschwinden kann, dass also zwischen p_i, p_m und p_a für alle beliebigen gegenseitigen Werte von p_i und p_a ein ganz bestimmter Zusammenhang

besteht. p_i und p_a sind aber in jedem Falle der Anwendung als gegeben anzusehen. Man kann daher das eben gefundene Ergebnis auch so in Worte fassen, dass man sagt: *Der Druck p_m in der Mündungsebene ist stets gleichzeitig sowohl vom inneren als auch vom äusseren Drucke abhängig.*

Wäre die in Glchg. (36) gemachte Annahme nicht richtig, so würde der äussere Grenzwert des Produktes $F(p - p_a)$ aus den Glchgn. (39) und (43) nicht verschwinden. Er würde aber additiv oder subtraktiv darin auftreten, so dass p_a doch in beiden Ausdrücken stehen bleiben würde. Das eben gefundene Ergebnis könnte also dadurch keine Aenderung erleiden. Ebenso ist es ganz gleichgültig, wie die Ausflussvorrichtung beschaffen ist, ob man es mit einer einfachen Gefässmündung oder mit einer beliebig zusammengesetzten Rohrleitung zu thun hat. Endlich stützt sich die ganze letzte Entwickelung auf die allgemeine Differentialgleichung (35) und ihr ebenfalls allgemeines Integral (39), so dass das gefundene Ergebnis auch ganz allgemein für alle elastischen Flüssigkeiten gilt.

Dagegen könnte es von Einfluss zu sein scheinen, dass der Strahl aussen nicht, wie es bei der Entwickelung angenommen wurde, isoliert bleibt, sondern sich mit der umgebenden Flüssigkeit mischt. Nun geht aber diese Mischung auch als eine Art von Widerstand aufzufassen, nur mit dem Unterschiede, dass sich dabei offene Bewegung der strömenden Flüssigkeit nicht in Molekularbewegung umsetzt, die zum grössten Teile im bewegten Körper zurückbleibt, sondern in offene Bewegung, die ganz auf den umgebenden, mitgerissenen Körper übergeht. Diesen Arbeitsverlust könnte man in der Formelentwickelung so berücksichtigen, dass man die ihm äquivalente Wärmemenge beim äusseren Wärmeaustausche dQ als entzogene Wärmemenge in Anrechnung bringt. Dadurch ändert sich aber an der ganzen Entwickelung nichts Wesentliches, und das Schlussergebnis bleibt daher auch für diesen Fall unverändert gültig.

Beim Ausströmen irgend einer elastischen Flüssigkeit durch irgend eine Ausflussvorrichtung muss also in Wirklichkeit stets ein bestimmter Zusammenhang zwischen dem inneren Drucke p_i, dem mittleren Drucke p_m in der Mündungsebene und dem äusseren Drucke p_a von der allgemeinen Gestalt

(45) $$f(p_i, p_m, p_a) = 0 \text{ oder } p_m = f(p_i, p_a)$$

bestehen. Danach kann, ausser für $p_i = p_a$, p_m nicht gleich p_a werden. Und da eine Ausbreitung des Strahles aussen und ein Mitreissen der umgebenden Flüssigkeit nur möglich ist, wenn p_m nicht kleiner als p_a ist, so lässt sich das Ergebnis auch dahin aussprechen, dass *der Druck in der Mündungsebene stets grösser bleiben muss als der Druck in der äusseren, ruhenden Flüssigkeit.*

Die analytische Gestalt des in Glchg. (45) angedeuteten Zusammenhanges lässt sich allerdings auf dem Wege der Rechnung nicht finden. Sie geht vielmehr nur aus unmittelbaren Druckbeobachtungen empirisch herzuleiten.

Zürich, Juni 1897.



Victor Meyer

analytische Ausbildung genossen, welche leider heutzutage so vielen der „Organiker“ abgeht, zu deren allergrössten er später gehören sollte. Es ist nicht zu bezweifeln, dass dies für ihn in hohem Grade fruchtbringend gewesen ist. Es hat ihm, neben der Gewohnheit des durchaus exakten Arbeitens, den weiten, das Gesamtgebiet der Chemie umfassenden Blick gegeben, mit dem er noch während seiner Züricher Zeit seine schönen pyrochemischen Arbeiten begann, und der ihn später, in den letzten Jahren seiner Heidelberger Zeit, wieder auf Probleme anorganischer Natur zurückführte.

Nach einjährigem Verbleiben in seiner Assistentenstellung ging er im Herbst 1868 nach Berlin, wo Adolph Baeyer noch in den bescheidenen Räumen der Gewerbeakademie für wenige, aber auserlesene Schüler wirkte, von denen ich hier nur Gräbe, Liebermann, Ador, Nencki nennen will. Hier wurde nun Meyer in sein eigentliches Arbeitsfeld, die organische Chemie, durch praktische Laboratoriumsarbeit eingeführt. Als „Vorgerückter“ besuchte er wohl nur wenig Vorlesungen mehr, und so kommt es, dass er, einer der grössten Organiker aller Zeiten, wie er dem Schreiber dieses mitgeteilt hat, nie ein Kolleg über organische Chemie gehört hat. Wer freilich daraus den Schluss ziehen wollte, dass der Besuch eines solchen Kollegs oder der Kollegien überhaupt wegfallen und durch Privatlektüre ersetzt werden könne, dem dürfte man zurufen: Quod licet etc.

Baeyer ist der eigentliche Inspirator V. Meyer's gewesen, dem dieser allezeit die innigste Verehrung gewidmet hat und der sein bester Freund geworden ist. Der junge Chemiker zeichnete sich im dortigen Laboratorium sofort durch seine Intelligenz, durch seine geistreichen Ideen und namentlich auch durch seine staunenswerte Belesenheit aus, worin ihn sein geradezu phänomenales Gedächtnis unterstützte. Als er das Laboratorium verliess, hat Baeyer ausgerufen: „Jetzt werden wir ja wieder die Litteratur nachschlagen müssen.“ Dies trat ein, als er auf Baeyer's Vorschlag schon 1871 als erster Assistent Fehling's an das Polytechnikum in Stuttgart berufen wurde, unter Verleihung des Professortitels, und mit dem Lehrauftrage für organische und theoretische Chemie. Aber lang war seines Wirkens dort nicht. Schon im nächsten Jahre, 1872, im Alter von noch nicht ganz

24 Jahren, wurde er durch Kappeler's Scharfblick aufgefunden, und als Nachfolger des schon damals hochgefeierten Wislicenus an die ordentliche Professur für reine Chemie am Züricher Polytechnikum berufen. Hier hatte er nun eine ihn voll befriedigende Stellung gefunden; hier hat er die zwölf besten Jahre seines Lebens gewirkt, und hier hat er seine schönsten und bahnbrechendsten Arbeiten geschaffen. Hier hat er auch die Mehrzahl der Chemiker ausgebildet, die sich als seine persönlichen Schüler betrachten dürfen.

Der Tag seiner Berufung war zugleich der seiner Verlobung mit der bald darauf heimgeführten Gattin, die ihm fünf Töchter geschenkt hat, deren älteste, innigst geliebte, er im zarten Alter von 7 Jahren verlieren musste. Seine hiesigen Freunde wissen, dass die mit furchtbaren Leiden verbundene Todeskrankheit dieses Kindes zu seiner späteren Nervosität mächtig beigetragen hat.

Der Schreiber dieser Zeilen, damals noch im Auslande ansässig, hat bald nach Meyer's Uebersiedelung nach Zürich ihn bei der Naturforscherversammlung in Wiesbaden, im Jahre 1873, gesehen, ohne zu ahnen, wie nahe er ihm später stehen würde, und ohne damals in persönliche Berührung mit ihm zu treten. Aber doch ist mir noch heut der Eindruck in lebhafter Erinnerung, den mir damals der jugendlich schöne Mann machte, namentlich seine prachtvollen blauen Augen, die während der wissenschaftlichen Sektionssitzungen über seine Jahre hinaus ernst blickten, während sie doch bei den geselligen Anlässen im Feuer vollster Lebenslust sprühten. Und dieser Eindruck hat sich mächtig verstärkt, als es mir wenige Jahre darauf vergönnt war, ihm als Kollege an die Seite zu treten und neun Jahre lang in enger Fühlung mit ihm zu amten. Es sei mir gestattet auszusprechen, dass bei diesem Nebeneinanderwirken, wo doch Meinungsverschiedenheiten unausbleiblich sind, und worin doch oft der Keim zu Zerwürfnissen liegt, im Laufe aller jener Jahre auch nicht ein Misston vorgekommen ist; vielmehr ist daraus, trotz erheblicher Abweichung in so manchen Anschauungen, Gewohnheiten und Neigungen, eine treue und bis ans Ende dauernde Freundschaft entsprossen. Das gestatte ich mir nur darum zu sagen, weil es einer von den vielen Belegen von der Liebenswürdigkeit von Meyer's Charakter ist, die sich ja in den verschiedensten

Umständen und gegenüber den verschiedensten Persönlichkeiten kundgab, und die ja selbst eine Natur von so harter, stacheliger Schale, wie die Gottfried Keller's, in ihren Bann zu ziehen wusste.

Die Mehrzahl der Mitglieder unserer Gesellschaft hat Victor Meyer noch persönlich gekannt, und kann es aus eigener Erfahrung bestätigen, welchen Zauber er ganz ebenso auf gereifte Männer jeden Standes, wie auf die studierende Jugend ausübte. Dieser Mann besass in der That eine Vereinigung von Vorzügen, wie sie nur selten einem Sterblichen gegönnt ist. Sein Aeusseres, sein Auge, seine Stimme, nahmen von vornherein für ihn ein. Neben dem durchdringenden Forschergeiste, mit dem er immer wieder neue Gebiete seiner Wissenschaft aufschloss, besass er die Gabe des Lehrers, der dem frisch eintretenden Schüler die Grundlagen des Faches ebenso deutlich wie fesselnd erklärte, und der gleichzeitig dem Vorgerückteren stetsfort als anregender und alle auftauchenden Schwierigkeiten ebnender Helfer zur Seite stand. Sein Vortrag war geradezu vollendet in der Form, ergänzt durch vorzügliche Experimentierkunst; nie verirrte er sich, wie mancher andere glänzende Redner, entweder in schauspielerische Anklänge oder aber in das Salbungsvolle. Ganz dasselbe galt von seinen Ansprachen bei geselligen und feierlichen Gelegenheiten. Er sprach bei solchen Anlässen gern, und wenn er hätte schweigen wollen, so hätte man das gar nicht zugelassen, denn man wollte ihn hören. Wenn er sich erhob, begrüsste ihn schon, namentlich in jüngeren Kreisen, warmer Empfang, denn jeder wusste, dass ihm ein intellektueller und ästhetischer Genuss bevorstehe; und nie schloss sein beredter Mund, ohne durch begeisterten Beifall belohnt zu werden. Seine Redeweise, wie seine ganze Persönlichkeit, hatte eben das, was man „sympathisch“ nennt, in seltenem Grade. Wer sich ihm auch näherte, dem begegnete er mit herzgewinnender Freundlichkeit, und machte ihn sofort zum Freunde.

Dem entsprach die geradezu enthusiastische Verehrung, die er nicht nur bei seinen eigenen Schülern, sondern auch bei denjenigen Studierenden genoss, die gar nicht in persönliche Berührung mit ihm treten konnten, die ihn vielleicht nur einmal im Jahre bei einem Kommers reden hörten. In der studentischen Geschichte

Zürichs ist kaum eine grossartigere Kundgebung verzeichnet, als der für Victor Meyer bei der Ablehnung seiner Berufung nach Aachen veranstaltete Fackelzug.

Allbekannt ist es in Zürich, dass Meyer nicht weniger als ein sich auf sein Fach beschränkender Gelehrter war. Seine Vielseitigkeit war geradezu staunenswert. In allgemeiner Bildung konnte er es kühnlich mit jedem aufnehmen; speciell in den Naturwissenschaften ausserhalb der Chemie war er wohl bewandert. Ohne selbst hervorragendes Talent für die Ausübung irgend einer besonderen Kunst zu besitzen, zeigte er doch mehr als blosses Interesse an allen Künsten, in erster Linie an der Musik, die einen ganz erheblichen Raum in seinem Geistesleben und in seiner Umgangssphäre einnahm. Die Musiker Zürichs haben seinen Weggang fast ebenso wie die Gelehrten bedauert.

Dass ihn die Litteratur mächtig anzog, ist bei einem solchen Manne selbstverständlich. Sein Verhältnis zu Gottfried Keller habe ich schon gestreift. Einer seiner innigsten Freunde war der Biograph Keller's, der uns am gleichen Tage wie Meyer entrissene Bächtold. Meyer selbst hat sich auch in der litterarischen Richtung durch seine Sammlung von Essays: „Aus Natur und Wissenschaft“ und durch seine „Märztage im kanarischen Archipel“ mit Erfolg versucht. Das erste Werkchen ist Rud. v. Jhering, das zweite Bächtold geweiht.

Bei allen diesen, über die Schaffensgrenze gewöhnlicher Menschenkinder weit hinausgehenden Beschäftigungen fand Meyer immer noch Zeit, sich in sehr weitem Umfange geselligen Beziehungen zu widmen. Dabei brachte er, der patriotische, politisch keineswegs sehr weit links stehende Deutsche, es zu stande, hier in Zürich ganz ebenso in specifisch schweizerischen Kreisen, wie in denen seiner Landsleute zu verkehren, in beiden auch mit Männern von radikaler Tendenz, ohne sich je etwas zu vergeben, oder aber auf der anderen Seite Anstoss zu erregen. Sein hoch entwickeltes Taktgefühl leitete ihn sicher durch die Klippen hindurch, mit denen ein solcher Weg besät ist. Dieser Takt, oder vielmehr ein innerlich edler Zug seines Wesens war es, der ihn stets vermeiden liess, auch geistig ihm weit Nachstehenden seine Ueberlegenheit in fühlbarer Weise kund zu geben. Meyer war durchaus nicht, was man einen „bescheidenen“ Menschen nennen könnte; er war

sich seiner Vorzüge und seiner Leistungen voll bewusst, und brachte beides da, wo es am Orte war, durchaus zur Geltung. Aber die Art, wie er dies that, war nie eine verletzende oder auch nur auffällige. Selbst dem grünsten Studierenden begegnete er nie anders als einem jüngeren Freunde, nicht mit der zermalmenden Hoheit des Olympiers, die manch anderer bedeutender Mann nicht unterlassen kann, mitunter selbst Aelteren gegenüber zur Schau zu tragen. Er war sogar stets bereit, die meist doch recht cruden Ansichten und Vorschläge der „Jungen" anzuhören; er ermunterte sie in ihren Bestrebungen, und wenn es dabei einem von ihnen gelang, ein wirkliches Goldkorn aufzufinden, so zog er das mit voller Anerkennung ans Licht. Das glänzendste Beispiel für diesen Zug seines Charakters und Thuns ist die Art, wie er einen Mann von der Bedeutung Sandmeyer's in der bescheidensten Hülle entdeckte, und ihm die Gelegenheit verschaffte, sich seine Stellung in der Wissenschaft zu erobern.

Meyer war sicherlich ein über das Mittelmass auch des Gelehrten hervorragender Mann. Aber ein „Uebermensch" war er eben doch nicht; nicht ungestraft konnte er die Intensität der eigentlichen Fachleistungen, die ihn mit in die erste Reihe der lebenden Chemiker stellte, mit der oben geschilderten Verfolgung so vieler anderen Beschäftigungen vereinigen. An ihm rächte sich bald, was der Engländer bezeichnend nennt: die Kerze an beiden Enden anzünden. Schon in jungen Jahren befiel ihn Schlaflosigkeit und öftere nervöse Beschwerden; die dagegen angewendeten Mittel verursachten immer nur zeitweilige Besserung und führten dann eine um so grössere Abspannung herbei. Besonders wirkten schädigend seine grossen physischen Anstrengungen, wie die nachher zu erwähnenden pyrochemischen Arbeiten, auf ihn ein; und wenn er sich hin und wieder plötzlich losriss, um mitten im Semester oder gleich nachher eine Hochgipfelbesteigung ersten Ranges zu unternehmen, die selbst geübte Bergsteiger sonst nur nach genügender Trainierung ausführen, so wird ihm das die gewünschte Erholung kaum gebracht haben.

Nachdem er schon früher wegen der aus alledem entspringenden Leiden seine amtliche Thätigkeit auf kürzere Zeit hatte unterbrechen müssen, war er wegen einer sich im Sommer 1884 einstellenden schweren neuralgischen Rückenaffektion genötigt, einen

längeren Urlaub nachzusuchen. Gerade damals erging an ihn, nach Hübner's plötzlichem Tode, die Berufung nach Göttingen. Wie ein Donnerschlag traf es uns, als dieser, allerdings fast selbstverständliche Ruf anlangte. Wir konnten uns die Chemieschule des Züricher Polytechnikums ohne Victor Meyer gar nicht denken. Aber auch ihm ist es schwer geworden von Zürich zu scheiden, das ihm auch später immer ans Herz gewachsen blieb. Trotz der in die Augen springenden ökonomischen und anderweiten Vorteile, welche einem Chemiker an einer grösseren Universität gegenüber einem Polytechnikum winken, hat er längere Zeit geschwankt, ehe er sich entschloss nach Göttingen zu gehen, und es hat sehr entschiedenen Zuratens von seiten seiner auswärtigen Freunde dazu bedurft. Dann ging er zunächst in seinen Winterurlaub an der Riviera, wo es ihm anfangs so schlecht erging, dass er sich selbst den schlimmsten Befürchtungen hingab. Im April 1885 begab er sich direkt von Italien nach Göttingen, ohne Zürich zu berühren, weil er sich die physischen und psychischen Anstrengungen eines Abschiednehmens nicht zumuten konnte.

In Göttingen erholte er sich merkwürdig schnell und gab sich mit Eifer der Aufgabe hin, dort die wissenschaftliche Thätigkeit auf chemischem Gebiete neu zu beleben, ohne dabei Geselligkeit, Musik u. dgl. zu vernachlässigen. Sofort übernahm er auch die Aufgabe, ein neues chemisches Institut zu erbauen. In Zürich hatte er, wie selbstverständlich, den intensivsten Anteil an den in gleicher Richtung gehenden Bestrebungen genommen. Mit in erster Linie ist es ihm zuzuschreiben, dass die mannigfachen sich entgegenstellenden Widerstände überwunden wurden, und Kappeler den Bau eines Institutes ersten Ranges durchsetzen konnte. Auch hat Meyer an den Vorbereitungen dieses Unternehmens durch Studienreisen und Beratungen aller Art noch den vollen, ihm gebührenden Anteil genommen. Aber als die Pläne ausreifen sollten und auch die innere Einrichtung ausgearbeitet werden musste, da hatte ihn seine Krankheit schon niedergeworfen und liess seine thätige Mitwirkung von dieser Seite nicht mehr zu. Um so eifriger widmete er sich in Göttingen, nachdem er seine Gesundheit wieder gewonnen hatte, einer ähnlichen Aufgabe, wenn auch im Umfange gegen die Verhältnisse des Züricher Institutes zurücktretend. Der dortige Bau ist seine eigene Schöpfung, die er freilich

nur kurze Zeit geniessen sollte, denn schon 1889 traf ihn ein neuer Ruf.

Der Nestor der Chemie, Robert Bunsen, zu dessen Füssen so viele von uns Aelteren mit eben der Liebe und Bewunderung gesessen haben, welche V. Meyer seinen Schülern einflösste, dessen Grösse aber die Mehrzahl der heutigen Chemiker nur aus ferner Perspektive kennt, musste sich entschliessen, den durch ihn weltberühmt gewordenen Lehrstuhl in Heidelberg einer jüngeren Kraft zu überlassen. Auf seinen Vorschlag wurde Victor Meyer, als der begabteste seiner Schüler, der sich inzwischen aus eigenen Kräften einen Weltruf begründet hatte, berufen. Sicher hat der damals 78jährige Bunsen, als er seinem 40jährigen Nachfolger das Institut übergab, keine Ahnung davon gehabt, dass er der Ueberlebende sein würde.

Auch dieses Mal entschloss sich Meyer nicht gleich, seine ihm lieb gewordene Stellung in Göttingen zu verlassen, um so mehr, als er in dem von ihm selbst geschaffenen schönen, neuen Institut noch gar nicht „warm geworden" war. Er lehnte sogar anfangs ab und erst als nach einem halben Jahre zum zweiten Mal der Ruf an ihn erging, entschloss er sich zur Annahme jener Stellung, die den kühnsten Traum seines Lebens verwirklichte.

In Heidelberg schien in der That Meyer alles errungen zu haben, wonach er sich sehnen konnte. In den Angelegenheiten nicht nur seines eigenen Faches (wie selbstverständlich), sondern in vielen anderen nahm er vermöge seiner Fähigkeiten und seiner Energie bald eine fast dominierende Stellung ein. Er setzte Reformen durch, auf die man Jahrzehnte vergeblich gewartet hatte. Und zum dritten Male übernahm er die Aufgabe, ein neues Laboratorium zu erbauen; dieses Mal wieder nach ganz neuen Gesichtspunkten. Schon 1890 begonnen, wurde das Laboratorium 1892 vollendet und zeigte sich trotz seiner 120 Arbeitsplätze sofort als zu klein angelegt, denn Meyer's Name lockte eine solche Zahl von Praktikanten heran, dass eine grosse Anzahl der Anmeldungen immer wegen Raummangel abgewiesen werden musste. Heidelberg wurde wieder, was es in Bunsen's Glanzzeit gewesen war, eine der ersten Leuchten in der Chemie, das dortige Laboratorium ein Magnet für die Jünger der Wissenschaft in allen

Ländern. In einer Beziehung aber haben wir es in Zürich doch besser gehabt. Gerade weil hier die Zahl von Meyer's Schülern in dem alten Laboratorium viel mehr als später in Heidelberg beschränkt sein musste, konnte er, ohnehin damals um so viel frischer und unterrichtsfreudiger, sich dem Einzelnen viel mehr als in Heidelberg widmen. Teilweise wurde dies durch die von ihm herangebildeten, zum Teil von Göttingen mit hinübergenommenen Mitarbeiter ersetzt; aber von ihm selbst haben doch seine Schüler in Zürich mehr gehabt.

An äusseren Ehren fehlte es ihm nicht. Bei der Einweihung des Göttinger Laboratoriums erhielt er den Titel: Geheimer Regierungsrat, und bei seiner Berufung nach Heidelberg denjenigen eines „Geheimrats", welcher unmittelbar hinter der Excellenz rangiert. Er wurde korrespondierendes Mitglied der Akademien in München, Berlin, Upsala und Göttingen, Ehrenmitglied verschiedener anderer Gesellschaften und Ehrendoktor der Medizin der Universität Königsberg. 1883 wurde er auswärtiges, d. h. Ehrenmitglied der Londoner chemischen Gesellschaft, deren gefeierter Gast er bei ihrem Jubiläum 1891 war. Von der Royal Society empfing er eine der grössten Ehrungen, welche die englische Wissenschaft zu vergeben hat, nämlich die Davy-Medaille. Bei seinem Tode war er Präsident der deutschen chemischen Gesellschaft.

Meyer's erste wissenschaftliche Abhandlung erschien schon 1869. Noch in Berlin beschäftigte er sich mit einer der damals brennendsten Fragen der organischen Chemie, mit der „Stellung" in der Benzolreihe. In Stuttgart machte er die Entdeckung der bis dahin nicht für existenzfähig gehaltenen, wirklichen Nitrokörper der Fettreihe, welche zuerst seinem Namen in weiten Kreisen Klang verschaffte und die nächste Ursache seines Rufes nach Zürich war. Hier widmete er die ersten Jahre dem weiteren Ausbau des von ihm erschlossenen Gebietes. Dann fesselten ihn eine Zeitlang Aufgaben anorganischer Natur. Für seine eigenen Bedürfnisse hatte er hintereinander mehrere Methoden zur Bestimmung von Dampfdichten bei höheren als bis dahin mit bequemen Mitteln gangbaren Temperaturen ausgearbeitet, deren letzte, die Luftverdrängungsmethode, zu einem der wichtigsten

Werkzeuge in den Händen des Chemikers geworden ist und wohl in jedem chemischen Laboratorium der Welt ausgeübt wird. In dem Bestreben, diese Methode für immer höhere Temperaturen nutzbar zu machen, um dadurch Fragen von allgemeinster Bedeutung zu lösen, gelangte er zur Anwendung von Porzellangefässen in einer bis dahin selten versuchten Hitze, und machte 1879 die Beobachtung, dass unter diesen Umständen das aus Platinchlorür freigemachte Chlor eine weit unter der berechneten liegende Dampfdichte zeigte. Er konnte in dem entwickelten Gase Sauerstoff nachweisen, und glaubte damit die lange theoretisch für möglich gehaltene Spaltung des Chlors in ein hypothetisches „Murium“ und Sauerstoff durchgesetzt zu haben. Schreiber dieses erinnert sich lebhaft genug des ungeheuren Aufsehens, welche diese vermeintlich epochemachende Entdeckung in den hiesigen, selbst den nicht chemischen Kreisen erregte, während die weiter abseits wohnenden Fachgenossen gleich anfangs kühler darüber urteilten; ebenso lebhaft erinnert er sich der fieberhaften Thätigkeit, mit der Meyer damals in den heissen Julitagen alle seine nicht vom Amt beanspruchte Zeit, oft bis Mitternacht, am glühenden Verbrennungsofen verbrachte, um alle Zweifel zu beseitigen, alle Einwürfe wegzuräumen. Ihm selbst war es freilich beschieden, nachdem schon Crafts und F. Meier ihre Zweifel experimentell begründet hatten, seine vermeintliche Entdeckung einer Entwickelung von Sauerstoff aus Chlor zu widerlegen, sobald er das (den Sauerstoff liefernde) Porzellan durch Platingefässe ersetzt hatte, wozu ihm der Schulrat einen eigenen erheblichen Kredit bewilligte. Aber was für unsägliche Mühen kostete eben wieder dieser Nachweis! Und jener Irrtum hat der Wissenschaft grosse bleibende Errungenschaften verschafft; ihm verdanken wir den Nachweis der Spaltung der Molekule des Broms und Jods bei sehr hohen Temperaturen in einzelne Atome, und sodann die Entwickelung der ganzen Pyrochemie zu ungeahnter Blüte, worin Meyer durch den dafür besonders begabten Carl Langer trefflich unterstützt wurde. Sie haben die Resultate ihrer gemeinschaftlichen Arbeiten in einer grösseren Monographie: „Pyrochemische Untersuchungen“ (1885) niedergelegt. Aber jene glänzenden Arbeiten mussten leider, da in dem alten Chemiegebäude kein passender Raum zur Disposition stand, in einem dazu eingeräumten,

einfenstrigen Assistenten-Schlafzimmer vorgenommen werden, bei einer schon fast mehr als tropischen Temperatur, und dies hat ganz sicher zu der unmittelbar darauf auftretenden Krankheit Meyer's mächtig beigetragen.

Die Chemie der hohen Temperaturen hat ihn, mit längeren Unterbrechungen durch andere Arbeiten, immer wieder gefesselt, und bis an den Schluss seines Wirkens hat er unablässig daran gearbeitet, hier einen neuen Weg zur Erforschung fundamentaler Fragen der Naturwissenschaft zu bahnen. Was hätte sein genialer Blick und seine Experimentalkunst erst mit dem erst in jüngster Zeit ausgebildeten Rüstzeuge des elektrischen Flammenbogens erreichen können, das ihm noch nicht zu Gebote stand, aber das er mit seiner Energie ganz gewiss sich bald dienstbar gemacht hätte, wenn nicht sein Tod dazwischen getreten wäre!

In Heidelberg hat er dann noch andere wichtige anorganische Untersuchungen ausgeführt, über Dampfdichten, Schmelzpunkte, Reaktionsgeschwindigkeiten etc. Das Schwergewicht seiner Thätigkeit lag aber doch auf organischem Gebiete. Von seinen überaus zahlreichen organischen Arbeiten sind diejenigen über aliphatische Nitrokörper schon erwähnt worden; wir wollen hier nur noch seiner hervorragendsten Leistungen gedenken. Zunächst der Entdeckung der Aldoxime und Ketoxime, welche für die Charakterisierung der Aldehyde und Ketone eine ganz fundamentale Bedeutung erreicht haben, und ohne welche die Stereochemie des Stickstoffs gar nicht hätte entwickelt werden können. Zweitens der Entdeckung des Thiophens (1882) und damit der Erschliessung eines grossen neuen Kapitels der Chemie. Bei einem Kollegienversuche Meyer's war ihm die Baeyer'sche Indophenin-Reaktion, d. h. die Nachweisung von Benzol, das er durch Destillation von Benzoesäure mit Kalk dargestellt hatte, durch Blaufärbung beim Schütteln mit Isatin und konzentrierter Schwefelsäure, nicht gelungen. Statt sich mit naheliegenden Entschuldigungen darüber zu beruhigen, warum die von einem der grössten Meister der Chemie aufgestellte Reaktion dieses Mal nicht eingetreten sei, versuchte er zunächst, wie sich alle ihm zur Verfügung stehenden Proben von Benzol verhielten. Auch zu mir kam er, um alle in unserer Sammlung vorhandenen Benzolproben zu untersuchen.

Alle gaben die Indophenin-Reaktion, ausser dem damals in der Vorlesung dargestellten Benzol; aber dieses verhielt sich hartnäckig ablehnend dagegen. Zum Glücke war dieses als aus Benzoesäure dargestellt bekannt, während alle übrigen entschieden aus Steinkohlentheer stammten oder doch dieser Ursprung dafür anzunehmen war. Nun war er seiner Sache sicher, dass die Indophenin-Reaktion gar nicht vom Benzol selbst, sondern aus einer im Theerbenzol enthaltenen Verunreinigung stammen müsse. Aber was war diese Verunreinigung? Wie schwer deren Entdeckung sein musste, das wissen wir heut durch seine Untersuchungen. Es liegt an dem Umstande, dass die Thiophenverbindungen eine höchst merkwürdige „mimicry“ gegenüber den Benzolverbindungen zeigen, indem sie in ihren Siedpunkten, Schmelzpunkten und anderen physikalischen Eigenschaften, sowie in den meisten Stücken ihres chemischen Verhaltens nur ganz unbedeutend von den entsprechenden Benzolderivaten abweichen. Bald gelang es Meyer, die die Indophenin-Reaktion verursachende Verunreinigung in einem durch anhaltendes Schütteln mit konzentrierter Schwefelsäure zu entfernenden Körper zu fassen. Aber nun kam eine neue Schwierigkeit. Dieser neue Körper, das Tiophen, erwies sich als schwefelhaltig, während das Baeyer'sche Indophenin angeblich schwefelfrei war. Ehe Meyer es im Gegensatz zu seinem grossen Meister aussprechen wollte, dass das Indophenin schwefelhaltig sei, womit ja jenem ein schwerer (übrigens nicht von ihm persönlich verschuldeter) Irrtum nachgewiesen war, unterzog er seine ganze Arbeit einer nochmaligen strengen Prüfung. Dann erst meldete er die Sache an Baeyer, der ihm sofort eine Probe seines Indophenin einsandte, die Meyer wirklich als schwefelhaltig befand. In ganz ähnlicher Weise hatte Meyer früher einen Irrtum eines andern grossen Gelehrten gefunden. Bei seinen Dampfdichte-Untersuchungen ergab es sich, dass der berühmte H. St. Claire Deville die Dichte des Zinkdampfes um volle 100° zu hoch angegeben hatte. Ehe er etwas hierüber veröffentlichte, hat er, wie ich von ihm persönlich weiss, erst Deville von dem Sachverhalt durch privaten Briefwechsel überzeugt, und hat dann jenen, durch eine unbegreifliche Nachlässigkeit bewirkten Irrtum, der ihm sehr viel unnütze Arbeit verursacht hatte, in so schonender Weise berührt, dass kein Leser darin einen Vorwurf

gegen Deville finden wird. — Das Thiophen und seine Derivate hat er dann mit seinen Schülern in Zürich und Göttingen in so gründlicher Weise durchgearbeitet, dass die darüber 1887 veröffentlichte Monographie 106 Abhandlungen aus seinem eigenen Laboratorium, nebst 40 anderweitigen umfassen konnte.

Von seinen weiteren organischen Untersuchungen erwähne ich noch die in seine Heidelberger Zeit fallende Entdeckung zweier höchst merkwürdiger neuer Körperklassen, der Jodosoverbindungen und der Jodoniumbasen; ferner der Arbeit über die diorthosubstituierten Benzoesäuren; endlich seine Jahre lang geduldig fortgesetzten Arbeiten über Esterbildung.

Zum Schlusse sei eines Werkes gedacht, an dem allerdings wohl ein anderer die grössere positive Arbeit geleistet hat, das aber durch und durch mit seinem Geiste erfüllt ist, nämlich das von Meyer zusammen mit Paul Jacobson herausgegebene, noch nicht vollendete grosse Lehrbuch der Chemie (seit 1891), das, wie kaum ein anderes Buch dieser Art, natürlich abgesehen von Kekulé's monumentalem Werke, es versteht, den sprödesten Stoff geradezu anziehend zu gestalten, und dabei in Bezug auf Nachweis der Litteratur allen wissenschaftlichen Anforderungen entspricht.

Nun aber war es zu viel der Arbeit geworden. Am Ende jedes Semesters war er fast „zum Tode ermattet“ gewesen, hatte sich aber in den Ferien immer wieder erholt. In jüngeren Jahren suchte er seine Erfrischung hauptsächlich in den Bergen, in oft allzu anstrengenden Besteigungen, später in ruhigerer Weise durch Reisen in südliche Länder, bis zu den kanarischen Inseln; zuletzt durch, vielleicht auch wieder etwas zu übertriebenes, Radfahren. Aber dann kamen wieder im Semester neue, ohne Rücksicht auf seine Widerstandsfähigkeit unternommene Anstrengungen aller Art. Mehr als einmal scheint ihm der schreckliche Gedanke gekommen zu sein, dass seine stetsfort zunehmende, auch mit grossen körperlichen Schmerzen verbundene Nervosität einmal mit plötzlicher Umnachtung des Geistes enden könne. Am Schlusse des vorigen Sommersemesters, das wie immer eine besondere Arbeitsüberhäufung brachte, trat seine Nervosität und Schlaflosigkeit, sowie positive Schmerzen, mit noch grösserer Heftigkeit als früher ein. Wir können es verstehen, dass er daran ver-

zweifelte, je wieder das Leben in normaler Weise geniessen zu können, und dass jene trüben Gedanken in einer besonders schweren Stunde sich ihm mit unwiderstehlicher Heftigkeit aufdrängten. So geschah es, dass am frühen Morgen des 8. August das jähe Ende hereinbrach, das eine der grösst angelegten und zugleich menschlichst anziehendsten Gestalten im Reiche der deutschen Wissenschaft hingerafft hat. Sein Name aber wird in der Geschichte der Chemie dauernd mit Ruhm genannt werden.

Sitzungsberichte von 1897.

Sitzung vom 11. Januar 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn $8^1/_4$ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Dr. Eggeling hält einen Vortrag: „Ueber die Morphologie der Rippenbildung bei Fischen.“ — Die Diskussion benutzen die Herren: Prof. Dr. Lang, Prof. Dr. Stöhr und Prof. Dr. Schröter.

Es folgt ein Vortrag von Herrn Prof. Dr. Werner: „Ueber Carbide.“ Die Herren Prof. Dr. Lunge, Prof. Dr. Lorenz, Dr. Schall und Direktor Huber beteiligen sich an der Diskussion.

Folgende Anmeldungen liegen vor:

Herr	Raths, Sekundarlehrer,	Volketsweil.
„	Grau, „	Nänikon.
„	Henri Studer, Ingenieur,	Bendlikon.
„	Dr. Rich. Lorenz, Prof. am	Eidgen. Polytechnikum.

Schluss der Sitzung 9 Uhr 50 Min.

Sitzung vom 25. Januar 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn $8^1/_4$ Uhr. Den Vorsitz führt Herr Prof. Dr. Rudio, Vicepräsident.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Prof. Dr. von Monakow hält einen Vortrag: „Ueber hirnanatomische Mitteilungen mit Demonstration“.

Es schliesst sich daran ein Vortrag von Herrn Direktor Huber: „Ueber Dampfturbinen“. — Die Diskusion benutzen die Herren Prof. Dr. Kleiner, Prof. Dr. Heim und Dr. Kronauer.

Die in der letzten Sitzung angemeldeten Herren werden als Mitglieder aufgenommen.

Auf Antrag von Prof. Heim beschliesst die Gesellschaft, bei den städtischen Behörden anzuregen, dass eine kontinuierliche Kontrolle der bei Tiefbauarbeiten in Zürich zu Tage tretenden geologischen Bodenverhältnisse, durch konsequente Aufzeichnung derselben, eingeführt werde. Die einfacheren Verhältnisse werden durch die Ingenieure des Tiefbauamtes, die

kompliziertere n durch eine vom Vorstand unserer Gesellschaft zu ernennende Kommission eingetragen werden. — Die nächste Sitzung wird Demonstrationen gewidmet werden.

Schluss der Sitzung 10 Uhr.

Sitzung vom 8. Februar 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¼ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Es finden folgende Demonstrationen statt:

1. Dr. Fick: Ueber optische Korrektion von kegelförmiger Hornhaut.
2. Prof. Dr. Kleiner: Ueber die Dampfturbine von Foucault.
3. Prof. Dr. Lorenz: Ueber einige elektrochemische Apparate.
4. Prof. Dr. Heim: Ueber Quarzkrystalle mit Rutilnadeln.
5. Dr. Früh: Ueber recente und quaternäre Kantengeschiebe.
6. Prof. Dr. Cramer: Ueber einige verkohlte, gut erhaltene Schriftstücke aus dem Brand von Glarus.
7. Prof. Dr. C. Keller: Ueber die Fallthürspinne.
8. Dr. M. Standfuss: Ueber das zahlreiche Auftreten gynandromorpher Individuen unter der Nachkommenschaft von Bastardmännchen und den Weibchen genuiner Arten.

Schluss der Sitzung 10¼ Uhr.

Sitzung vom 23. Februar 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¼ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Als Mitglied der Gesellschaft wird angemeldet: Herr Dr. Bützberger, Prof. an der Kantonsschule Zürich.

Herr Prof. Dr. Oscar Wyss hält einen Vortrag, betitelt: „Die Behandlung der Diphterie mit Heilserum“.

An der Diskussion beteiligen sich Herr Prof. Dr. Lunge und Prof. Dr. Ritter.

Schluss der Sitzung 10½ Uhr.

Sitzung vom 8. März 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¼ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Dr. med. Ausderau hat seinen Austritt aus der Gesellschaft angezeigt.

Der Vorsitzende teilt mit, dass der Vorstand, in der Absicht unsere Mitgliederliste möglichst zu vervollständigen, beschlossen hat, die Anmeldungen neuer Mitglieder durch Ausfüllen gedruckter Anmeldungsformulare erfolgen zu lassen, und weist ein Exemplar der letzteren vor.

Herr Prof. Dr. Bützberger wird als Mitglied aufgenommen.

Herr Dr. M. Standfuss hält einen Vortrag über „Temperaturexperimente an Schmetterlingen, mit Ausblicken auf einige Gründe der Entstehung der Arten“; mit Demonstrationen.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren Prof. Dr. C. Keller, Escher-Kündig, Prof. Dr. Schröter und der Vortragende.

Herr Dr. Früh berichtet sodann „Ueber Gasausströmungen im St. Gallischen Rheinthal.“

Die Diskussion wird von Herrn Apoth. Weber benutzt.

Schluss der Sitzung 10 1/4 Uhr.

Hauptversammlung vom 24. Mai 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn 8 1/4 Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Der Präsident verliest ein Dankschreiben der Hinterlassenen von Prof. Dr. Kenngott. Die Anwesenden erheben sich zur Ehrung unseres verstorbenen Ehrenmitglieds von den Sitzen.

Der Aktuar, Herr Prof. Dr. Werner, erstattet den

Bericht über die wissenschaftliche Thätigkeit der Naturforschenden Gesellschaft 1896—1897.

Die Naturforschende Gesellschaft hielt in dem Berichtsjahre 1896—1897, mit Einschluss der heutigen, 9 Sitzungen ab, die sich regen Besuches erfreuten.

15 Vortragende brachten 12 Vorträge und 8 Mitteilungen und Demonstrationen.

a) Vorträge:

1. Prof. Dr. A. Heim: Ueber den Lammbach und den Trübbach.
2. Dr. Hescheler: Ueber Selbstamputation.
3. Dr. Messerschmitt: Ueber die Länge des Gotthardtunnels.
4. Dr. Früh: Ueber die Drumlins-Landschaft.
5. Dr. K. Schall: Ueber Reibung von Lösungen in Glycerin.
6. Dr. H. Eggeling: Ueber die Morphologie der Rippenbildung.
7. Prof. Dr. A. Werner: Ueber Carbide.
8. Prof. Dr. von Monakow: Ueber hirnanatomische Mitteilungen mit Demonstrationen.
9. Direktor E. Huber: Ueber Dampfturbinen.
10. Prof. Dr. Osk. Wyss: Ueber die Behandlung der Diphterie mit Heilserum.
11. Dr. M. Standfuss: Ueber Temperaturexperimente an Schmetterlingen.
12. Direktor R. Billwiller: Ueber die Verteilung der Niederschlagsmengen in der Schweiz.

b) Mitteilungen.

1. Dr. Fick: Ueber optische Korrektion von kegelförmiger Hornhaut.
2. Prof. Dr. Kleiner: Ueber die Dampfturbine von Foucault.

3. Prof. Dr. Lorenz: Ueber einige elektrochemische Apparate.
4. Prof. Dr. Heim: Ueber Quarzkrystalle mit Rutilnadeln.
5. Dr. Früh: Ueber recente und quaternäre Kantengeschiebe.
6. Prof. Dr. Cramer: Ueber einige verkohlte, gut erhaltene Schriftstücke aus dem Brand von Glarus.
7. Dr. M. Standfuss: Ueber das zahlreiche Auftreten gynandromorpher Individuen unter der Nachkommenschaft von Bastardmännchen und den Weibchen genuiner Arten.
8. Dr. Früh: Ueber Gasausströmungen im St. Gallischen Rheinthal.

Von diesen Vorträgen und Mitteilungen entfallen auf Zoologie 4, Geologie und Mineralogie 5, Chemie 3, Physik und Mechanik 3, Anatomie 1, Medizin 2, Meteorologie 1.

Der 41. Jahrgang der Vierteljahrschrift enthält im ersten Band eine Geschichte unserer Gesellschaft, verfasst von Prof. Dr. Rudio, im zweiten Band 35 wissenschaftliche Abhandlungen, die sich folgendermassen auf die einzelnen Disciplinen verteilen: Mathematik 8, Geodäsie und Astronomie 2, Physik 3, Chemie und Pharmacie 6, Mineralogie und Geologie 4, Botanik 3, Zoologie 5, Medizin 4.

Im Supplementsheft sind die Astronomischen Mitteilungen fortgesetzt worden.

Das Neujahrsblatt der Gesellschaft auf 1897 enthält eine Abhandlung von Prof. Dr. C. Schröter: Die Schwebeflora (Phytoplankton) unserer Seen.

Herr Dr. Kronauer erstattet den

Rechenschaftsbericht des Quästors.

Rechnung für 1896.

Einnahmen:	Fr. Rp.	Ausgaben:	Fr. Rp.
Vermögensbestand Ende 1895 (ohne den Illustrationsfonds)	73,052. 71	Bücher	3,662. 52
		Buchbinderarbeit	1,096. 25
Zinsen (von Haupt- und Illustrationsfonds)	4,220.[1] -	Neujahrsblatt	888. 90
		Vierteljahrsschrift	2,388. 60
Beiträge der Mitglieder	3,635. 50	Miete, Heizung und Beleuchtung	117. —
Neujahrsblatt	545. 38		
Katalog	96. —	Besoldungen	1,810. —
Vierteljahrsschrift	6. —	Verwaltung	832. 12
Beiträge von Behörden und Gesellschaften (Reg.-Rat 1000, Stadtrat 600, Museum 320)	1,920. —	Agio auf Wertschriften	30. —
Allerlei	124. 30	Deckung des Defizites der Abrechnung über die Feier des 150jähr. Bestehens d. Gesellschaft	1,135. 75
Summa	Fr. 83,599. 89	Summa	Fr. 11,961. 14

[1]) Vom Hauptfonds Fr. 3920. —, vom Illustrationsfonds Fr. 300. —.

Es verbleiben somit als Gesellschaftsvermögen (Hauptfonds) auf Ende 1896: Fr. 71,638.75, woraus sich gegenüber dem Vorjahr ein Rückschlag von Fr. 1,413.96 ergiebt.

Der Betrag des Illustrationsfonds ist gegenüber 1895 unverändert geblieben, nämlich Fr. 5000.—, da dieser Fonds im Jahre 1896 keinerlei Zuschüsse erfahren hat und dessen Zinsen unter die allgemeinen Einnahmen fielen.

Die Rechnung pro 1896 schliesst mit einem Defizit von Fr. 1,413.96, wovon Fr. 1100 auf das Stiftungsfest entfallen. Dieses Defizit wird jedoch durch die Abrechnung der Festschrift, die im Herbst erfolgen soll, bedeutend vermindert werden. Die Rechnung ist durch die Rechnungsrevisoren, Herren Dr. Schaertlin und Prof. Dr. Grubenmann geprüft und richtig befunden worden. Auf deren Antrag wird dem Quästor unter bester Verdankung Decharge erteilt.

Der Voranschlag für 1897 summiert an Einnahmen und Ausgaben Fr. 10,550; derselbe wird von der Versammlung genehmigt.

Der Bibliothekar, Herr Prof. Dr. Schinz, erstattet den

Bericht über die Bibliothek.

Der Bericht des Bibliothekars verzeichnet an Ausgaben für die Bibliothek pro 1896 die Summe von Fr. 3662.52 gegen Fr. 3615.07 im Vorjahre. Die Mehrausgabe rührt wesentlich davon her, dass eine Lücke auf dem Gebiete der Chemie durch Ergänzung der mangelnden Bände zu schliessen war. Das Bibliothekariat verlegt das Hauptgewicht der Vermehrung unserer Bücherschätze auf den ungeschmälerten Fortbestand und die Erweiterung unseres Tauschverkehrs. Die Vergrösserung der Vierteljahrsschrift wird uns gestatten, nunmehr auch solchen Gesellschaften den Tauschverkehr anzubieten, die vordem auf entsprechende Wünsche nicht eingehen zu können erklärt hatten.

Die Zahl der Akademien, Gesellschaften und Privatpersonen, mit denen wir im Schriftenverkehr stehen, beträgt 339.

Die Zahl der eingelaufenen Geschenke betrug 363 Titel, wovon 292 aus dem Nachlasse des verstorbenen Herrn Prof. Dr. Arn. Meyer, die uns von dessen Gemahlin in hochherziger Weise geschenkt wurden. Das durch diese Schenkung in unseren Besitz gekommene vollständige Exemplar unserer Vierteljahrsschrift wurde auf Beschluss der Gesellschaft hin nicht zu Tauschzwecken verwendet, sondern verbleibt nach Antrag des Bibliothekariats als zweites fortzusetzendes Exemplar der Vierteljahrsschrift im Lesezimmer.

Eine Revision der Bibliothek hat 1896 nicht stattgefunden, dagegen sehen die Statuten eine solche für 1897 vor.

Schliesslich macht der Bericht noch auf den Raummangel aufmerksam, der nicht nur uns, sondern auch die Stadtbibliothek in ihrer Ausdehnung hindert. Dazu kommt noch der leidige Zustand unseres Lesezimmers, in

dem schon mehrmals Ueberschwemmungen nicht unerheblichen Schaden angerichtet haben. — Die Gesellschaft kann und darf sich nicht vor der Thatsache verbergen, dass schon in absehbarer Zeit die uns zur Verfügung stehenden Lokalitäten den dringendsten Bedürfnissen der Bibliothek nicht mehr genügen werden.

Die Versammlung beschliesst auf Antrag von Prof. Rudio, die Clichés der Figuren von in der Vierteljahrsschrift erschienenen Abhandlungen den Autoren jeweilen zu schenken.

Herr Direktor Billwiller hält einen Vortrag: „Ueber die Verteilung der Niederschlagsmengen in der Schweiz, mit Vorweisung der neuen Regenkarte der Schweiz".

An die allgemeine Sitzung schliesst sich ein gemeinschaftliches Abendessen an.

Sitzung vom 21. Juni 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn $8^{1}/_{4}$ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Prof. Dr. Heim hält einen Vortrag, betitelt: „Die Quellenfassungen im Sihlsprunggebiet". Die Diskussion benutzen die Herren: Dr. Bertschinger, Ing. Zollinger und Oberst Huber.

Prof. Heim macht der Gesellschaft den Vorschlag, Samstag den 26. Juni einen Ausflug zur Besichtigung der Quellenfassungen zu machen, was beschlossen wird.

Herr Dr. H. Burkhardt, Prof. der Mathematik an der Universität Zürich, wird als Mitglied angemeldet.

Als Delegierte zur Versammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Engelberg (12.—15. Sept.) werden die Herren Prof. Dr. Ritter und Prof. Dr. Rudio ernannt.

Schluss der Sitzung $9^{3}/_{4}$ Uhr.

Sitzung vom 1. November 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn $8^{1}/_{4}$ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Der in der letzten Sitzung projektierte Ausflug nach dem Sihlsprunggebiet hat unter zahlreicher Beteiligung der Mitglieder stattgefunden. Herr Prof. Dr. v. Kölliker hat den ihm von unserer Gesellschaft zu seinem 80. Geburtstag entbotenen Glückwunsch in einem eigenhändigen Schreiben verdankt.

In Verhinderung des Präsidenten hat Herr Prof. Dr. Wild gemeinschaftlich mit Herrn Prof. Dr. Rudio die Gesellschaft an der Sitzung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Engelberg vertreten.

Am Internationalen Mathematikerkongress in Zürich wurde die Gesellschaft durch Herrn Prof. Dr. Kleiner vertreten.

Die neuen Anmeldungsformulare für die Aufnahme in unsere Gesellschaft werden vorgewiesen.

Herr Prof. Al. Beck, der von Riga nach Zürich zurückgekehrt ist, ist unserer Gesellschaft wieder als ordentliches Mitglied beigetreten.

Herr Prof. Dr. H. Burkhardt wird als Mitglied unserer Gesellschaft aufgenommen.

Herr Dr. Hans Bachmann, Professor an der Kantonsschule in Luzern, wird als Mitglied angemeldet.

Zur Ehrung der seit unserer letzten Sitzung verstorbenen Herren Prof. Dr. V. Meyer, Ehrenmitglied, alt Rechenschreiber Dr. Arn. Nüscheler-Usteri und Dr. Karl Wagner, Mathematiker, erheben sich die Anwesenden von ihren Sitzen.

Herr Prof. Dr. Lunge hält einen Nachruf auf Victor Meyer.

Herr Prof. Dr. J. Pernet macht eine Mitteilung: „Ueber einen neuen Längenkomparator.“ — An der Diskussion beteiligt sich Herr Prof. Dr. Wild.

Schluss der Sitzung 10¼ Uhr.

Sitzung vom 15. November 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¼ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Prof. Dr. Hans Bachmann wird als Mitglied aufgenommen.

Herr Prof. Dr. E. Schulze hält einen Vortrag: „Ueber den Umsatz der Eiweisstoffe im Leben der Pflanze“.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren: Prof. Dr. Bamberger, Prof. Dr. Lorenz, Prof. Dr. Schröter, Dr. Overton, Prof. Dr. Werner und Dr. Schellenberg.

Hieran schliesst sich eine Mitteilung von Herrn Prof. Dr. C. Schröter: Demonstration der „springenden Bohnen“ aus Mexiko.

Die Diskussion wird von Herrn Dr. Standfuss benutzt.

Schluss der Sitzung 10¾ Uhr.

Sitzung vom 29. November 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¼ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.

Herr Prof. Dr. C. Keller hält einen Vortrag: „Ueber eine neue bildliche Darstellung des ausgestorbenen Ur (Bos primigenius)“. An der Diskussion beteiligen sich die Herren: Prof. Dr. Heim, Prof. Dr. Schröter, Prof. Dr. Schinz und Escher-Kündig.

Herr Prof. Dr. Heim macht Mitteilung: „Ueber die Rutschungen im Campo (Tessin)“. An der Diskussion beteiligt sich Herr Prof. Dr. Ritter.

Schluss der Sitzung 10 Uhr 20 Min.

Sitzung vom 13. Dezember 1897 auf Zimmerleuten.

Beginn 8¹/₄ Uhr. Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Ritter.

Herr Prof. Dr. Roth hält einen Vortrag: „Ueber Dampfdesinfektion mit Demonstrationen“. An der Diskussion beteiligen sich die Herren Direktor Huber und Prof. Roth.

Herr Prof. Dr. Schinz spricht: „Ueber Verbreitung der Früchte durch Tiere.“ An der Diskussion beteiligen sich die Herren Prof. Dr. Heim und Prof. Dr. Schröter.

Zum Eintritt in die Gesellschaft werden angemeldet die Herren Prof. Dr. Ruge, Prof. Dr. von Frey, Dr. Hinrichsen, Dr. Höber und Prof. Engler.

Der Vorsitzende teilt mit, dass auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Rudio der Vorstand beschlossen habe, die Mitglieder zu einer mit der antiquarischen Gesellschaft gemeinsam zu begehenden Feier des Berchtoldstages einzuladen. Er hofft auf zahlreiche Beteiligung.

Schluss der Sitzung 10¹/₄ Uhr.

Bibliotheksbericht von 1897.

Der Bibliothek sind vom 15. Dezember 1896 bis zum 15. Dezember 1897 nachstehende Schriften zugegangen:

A. Geschenke.

Von Frau Prof. Dr. Arnold Meyer in Zürich:

Littrow, Geschichte der inductiven Wissenschaften, Bd. 1—3.
Jahrbuch der Erfindungen, Bd. XIV—XXXI.

Von Herrn Dr. F. v. Beust in Zürich:

Forstlich naturwissenschaftliche Zeitschrift für 1896, Jahrg. V.

Von Herrn Geheimrat Prof. Dr. A. v. Kölliker in Würzburg:

Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. LXII, Heft 3, 4 u. Bd. LXIII, Heft 1.
Die Energiden von Sachs im Lichte der Gewebelehre der Tiere.

Von Herrn J. G. Vogt in Leipzig:

Das Wesen der Electricität und des Magnetismus auf Grund eines einheitlichen Substanzbegriffes.

Von Herrn Prof. Dr. M. Stossich in Triest:

Elementi trovati in un Orthagorisius Mola.
Ricerche Elmintologiche.
Il Genere Ascaris Linné.

Von Herrn Anton Balawelder in Wien:

Abstammung des Allseins.

Von Herrn Dr. H. Schellenberg in Zürich:

Beiträge zur Kenntnis der verholzten Zellmembran.

Beiträge zur Kenntnis von Bau und Funktion der Spaltöffnungen.

Von Herrn Prof. Dr. Mayer-Eymar in Zürich:

Description des coquilles fossiles des terrains tertiaires inférieurs.

Von Herrn Dr. A. v. Schulthess-Schindler in Zürich:

Fauna insectorum Helvetiae (Vespidae), Part. III.

Von der tit. Direktion der öffentlichen Arbeiten des Kantons Zürich:

Nutzbarmachung der Wasserkräfte des Rheins längs der zürcherischen Kantonsgrenze.

Von Herrn Prof. Dr. A. Heim in Zürich:

Gutachten über Lammbach und Schwandenbach und deren Verbauung.

Reclus El.: Projet de Construction d'un globe terrestre à l'échelle du Cent-millième.

Von Herrn Dr. P. Choffat in Lissabon:

Les eaux d'alimentation.

Observation sur l'article de M. Rollier intitulé: Défense faciès du Malm.

Faciès ammonitiques es faciès récifal du Turonin Portugais.

Sur la crétacique de la région du Mondégo.

Von Herrn Dr. Cornaz in Neuenburg:

Une épizootie au joux de la ville en 1701/02.

Un chirurgien d'autre-tombe.

La fièvre typhoïde à l'hôpital Pourtalès en 1853/54.

Notices relatives à l'histoire médicale de Neuchâtel.

Du traitement de la rougeole par les frictions de lard.

De l'origine du cow-pox.

La variole et les vaccinations à Budapest.

Quelques mots sur les revaccinations.

De l'existence du catarrhe des foins en Suisse.

De la micropie due à l'usage local de la belladone.

De l'hyperchromatopsie.

Les maladies régnantes du canton de Neuchâtel en 1859.

Constitution médicale de Neuchâtel et de ses environs en 1857/58.

Observations d'inversion splanchnique complète.

Des anomalies congénitales de la coloration du voile Irien.

Des abnormités congénitales des yeux et de leurs annexes.

Recherches statistiques sur la fréquence comparative de couleurs de l'iris.

De la fréquence de la cataracte dans ses rapports avec la coloration de l'iris.

Énumération des lichens jurassiques.

De l'existence de latex chez quelques érables.

Quelques mots sur l'aster Garibaldii (Brügger).

A propos d'un essai de naturalisation du sanguisorba dodecandra.

Souvenir d'une excursion botanique aux vallées de la Viège.
La rosa sabini.
La flore de Naples au premier printemps.
Les anthères de gentianes.
Les familles médicales de la ville de Neuchâtel.
Le docteur J. L. Borel.
Giov. Batt. Patirana et sa flore médicale de Bormio.
De l'albinisme.

Von Herrn Prof. Dr. Hch. Wild in Zürich:

Inductions-Inclinatorium neuer Construction.
Neue Form magnetischer Variationsinstrumente.
Nadel-Inclinatorium modificirter Construction.
Die Regenverhältnisse des Russischen Reiches, und Suppl.
Verbesserte Constructionen magnetischer Unifilar-Theodolithe.
Ombograph und Atmograph. Und Derselbe verbessert.
Die Normalbarometer des Phys. Central-Observat. St. Petersburg.
Ueber Assmanns neue Methode zur Ermittelung der wahren Lufttemperatur.
Ueber den Einfluss der Aufstellung auf die Angaben der Thermometer zur Bestimmung der Lufttemperatur.
Ueber die Winter-Isothermen von Ost-Sibirien.
Études Météorologiques.
Ueber die Darstellung des täglichen Ganges der Lufttemperatur durch die Bessel'sche Interpolationsformel.
Bestimmung des Werthes der Siemens'schen Widerstands-Einheit in absolutem electromagnetischem Maasse.
Ueber die Bestimmung der absoluten magnetischen Declination im Konstantinow'schen Observatorium zu Pawlowsk.
Beiträge zur Entwickelung der Erdmagnetischen Beobachtungsinstrumente.
Der magnetische Bifilartheodolith.
Einfluss der Qualität und Aufstellung auf die Angaben der Regenmesser.
Ueber einen Ersatz des Quecksilber-Barometers für Reisen und schwer zugängliche Stationen.
Ueber die Absorption der strahlenden Wärme durch trockene und durch feuchte Luft.
Neueste Form des Controllbarometers.
Erzielung constanter Temperaturen in ober- und unterirdischen Gebäuden.
Ueber die Umwandlung meines Photometers in ein Spectrophotometer.
Polarisations-Photometer für technische Zwecke und Untersuchung von Wenham-Gaslampen mit demselben.
Windfahne mit einfachem Windstärkemesser für meteorologische Stationen.
Neuer Anemograph und Anemoscop.
Normaler Gang und Störungen der erdmagnetischen Declination.
Ueber den säculären Gang der magnetischen Declination in St. Petersburg-Pawlowsk.
Theodolith für magnetische Landesaufnahmen.

Les méthodes pour déterminer correct l'inclinaison absolue avec l'inclinateur à induction.
Magnetische Wirkung der Gesteine auf die Erde.
Die erdmagnetische Differenz zwischen St. Petersburg und Pawlowsk.
Die Beobachtung der electrischen Ströme der Erde in kürzeren Linien.
Ueber die Differenzen der Bodentemperaturen mit und ohne Vegetations- resp. Schneedecke etc.
Verbesserter Ombrograph und Atmograph.

Von Herrn Franz Rogel in Prag:

Note zur Entwickelung nach Euler'schen Functionen.
Die Entwickelung der Bernoulli'schen Functionen.
Combinatorische Beziehungen zwischen Summen von Teilerpotenzen.
Lineare Relationen zwischen Mengen relativer Primzahlen.
Eine besondere Gattung goniometrischer Nulldarstellungen.
Theorie der Euler'schen Functionen.

Von Herrn Prof. Dr. R. de Girard in Freiburg:

Le caractère naturel du Déluge.

Von Herrn G. Lamprecht in Bautzen:

Wetterperioden.

Von Herrn Dr. Leo Wehrli in La Plata:

Argentinische Reiseskizzen.
Was uns in Zürich die Steine erzählen.

Von Herrn Prof. Dr. G. Schoch in Zürich:

Schweizerische Fischerei-Zeitung für 1897, Nr. 1—23.

Von Herrn Locher in Zürich:

Fischer, Encyclopädisches Taschenbuch für Schmetterlingssammler.

Von Herrn A. Guébhard in Draguignan:

Esquisse géologique de la commune de Mons (Var).

Von Herrn Prof. Dr. Hch. Burkhardt in Zürich:

Einführung in die Theorie der analytischen Functionen einer compl. Veränderlichen.

Von Herrn Prof. Dr. A. Lang in Zürich:

Zum Gedächtnis an Herrn Prof. Dr. Arnold Meyer.

Von Herrn A. Bodmer-Beder in Zürich:

Die Erzlagerstätten der Alp Puntaiglas im Bündner Oberland und ihre Felsarten.

Von Herrn Prof. Dr. Fr. Thomas in Chur:

Ein neuer durch Euglena sanguinea erzeugter, kleiner Blutsee in der baumlosen Region der Bündner Alpen.
Die rotköpfige Springwanze Halticus saltator Geoffr., ein neuer Feind der Mistbeetpflanzen, besonders der Gurken.

Von Herrn Prof. Dr. F. Rudio in Zürich:

Berti, D.: Copernico e le vicende del sistema Copernicano in Italia.
F. Rudio: Zum achtzigsten Geburtstag von Friedrich Beust.

Von Herrn Dr. K. Hescheler in Zürich:

Ueber Regenerationsvorgänge bei Lumbriciden.

Weitere Beobachtungen über Regeneration und Selbstamputation bei Regenwürmern.

Von Herrn Prof. Dr. H. A. Schwarz in Berlin:

Mathematische Abhandlungen, Bd. I und II.

Formeln und Lehrsätze zum Gebrauch der elliptischen Functionen.

Von Herrn Dr. J. Früh in Zürich:

Ein Relief der Schweiz.

Von Herrn Dr. Oeffinger in Zürich:

Chemiker-Zeitung 1884—1889.

Von Herrn Dr. J. B. Messerschmitt in Zürich:

Relative Schweremessungen in der Schweiz.

Definitive Seitenlängen und geographische Coordinaten der Punkte des schweizerischen Dreiecknetzes und der Anschlussnetze.

Von Herrn Joh. Fr. Hauser in Nürnberg:

Theoretische Studien über Wasser und seine Verwandlungen.

Von Herrn Prof. A. Wolfer in Zürich:

Astronomische Mitteilungen Nr. 88.

Publikationen der Sternwarte des Eidg. Polytechnikums, Bd. I.

Von Herrn C. A. Lilje in Helsingborg:

Die Gesetze der Rotationselemente der Himmelskörper.

Von Herrn Hch. Fluck in Zürich:

Thom. Simpson, Miscellaneous Tracts etc. London 1757.

Von dem tit. Eidgenössischen Oberbau-Inspektorat in Bern:

Schweiz. Hydrometrische Beobachtungen für die Jahre 1890 und 1896.

Von Herrn Dr. Os. Wild in Zürich:

Ueber die Entstehung der Miliartuberculose.

Von der tit. Stadtbibliothek in Zürich:

Catalog der Stadtbibliothek, L—Z und Suppl. 1864/97.

Von Herrn Dr. Ernst Graf in Winterthur:

Ein helvetisch-römischer Fund vom Lindberg bei Winterthur.

Von Herrn Prof. Dr. Huguenin in Zürich:

de Saporta, Palæontologie française. T. I—IV mit je 1 Atlas.

Von Herrn Cl. Bicknell in Bordighera:

Flora of Bordighera and San Remo.

Von Herrn Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. Reuleaux in Berlin:

Schwartze, Neue Elementar-Mechanik.

Allen diesen Gebern spricht die Gesellschaft auch an dieser Stelle ihren verbindlichsten Dank für die Bereicherung ihrer Bibliothek aus.

B. Im Tausch gegen die Vierteljahrsschrift.

a) Schweiz.

Basel, Naturforschende Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. XI, Heft 3.
Bern, Naturforschende Gesellschaft, Mitteilungen für 1895/96, No. 1373—1435.
Bern, Geologische Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Beiträge, Lieferung 30, 36 und 37.
Bern, Schweizerische Botanische Gesellschaft, Berichte, Heft VII.
Bern, Geodätische Kommission, Das schweizerische Dreiecknetz, Bd. VII und Procès Verbal 1897.
Chur, Naturforschende Gesellschaft Graubündens, Jahresbericht, Bd. XL.
Genève, Société de Physique et d'Hist. Nat., Mémoires, Tome XXXII, Part. 2.
Lausanne, Internationale Geologische Gesellschaft, Compte-rendu de la session 1894.
Lausanne, Schweizerische Geologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. V, No. 1—3.
Lausanne, Société Vaudoise des Sciences Nat., Bulletin No. 122—125.
Luzern, Naturforschende Gesellschaft, Mitteilungen, Heft 1.
Neuchâtel, Société Neuchâteloise de Géographie, Bulletin Tome IX.
Schaffhausen, Schweizerische Entomologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. IX, Heft 10.
Solothurn, Naturforschende Gesellschaft, Bericht XI.
Zürich, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Bauzeitung 1896, No. 26, 1897, No. 1—26 und 1—20.
Zürich, Schweizerische Naturforschende Gesellschaft, Verhandlungen für 1896, Compte-Rendu pr. 1896.
Zürich, Stadtbibliothek, Jahresbericht für 1896.
Zürich, Museumsgesellschaft, Jahresbericht für 1896.
Zürich, Schweizerische Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitteilungen, Bd. V.

b) Deutschland.

Altenburg, Naturforschende Gesellschaft des Osterlandes, Mitteilungen, Bd. XXVI.
Berlin, Deutsche Geologische Gesellschaft, Zeitschrift, 1894 No. 4, 1895 No. 1—4, 1896 No. 1—4, 1897 No. 1 und 2.
Berlin, Deutsche Chemische Gesellschaft, Berichte, 1896 No. 18 und 19, 1897 No. 1—16.
Berlin, Physikalische Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. XV, No. 5—7, Bd. XVI, No. 1—8.
Berlin, K. Preussische Geologische Landesanstalt und Bergakademie, Jahrbuch, Bd. XVI.
Berlin, K. Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte für 1896, No. 40—53, für 1897, No. 1—39.
Berlin, K. Preussisches Meteorologisches Institut, Veröffentlichungen für 1893, Part. III, 1894 und 1896, Part. II, und Jahrbuch für 1896.

Berlin, Botanischer Verein der Provinz Brandenburg, Verhandlungen, Jahrg. XXXVIII.

Bonn, Naturhistorischer Verein der Preussischen Rheinlande, Verhandlungen, Jahrg. LIII, Part. 2 und Sitzungsberichte für 1896.

Bremen, Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XIV, Heft 2.

Breslau, Schlesische Gesellschaft für Vaterländische Kultur, Jahresbericht LXXIV und Suppl.

Colmar, Société d'Histoire Naturelle, Mitteilungen N. T. III.

Danzig, Naturforschende Gesellschaft, Schriften, N. F., Bd. IX, Heft 2.

Darmstadt, Verein für Erdkunde, Notizblatt, IV. Folge, Heft 17.

Dresden, Naturwissenschaftliche Gesellschaft „Isis", Sitzungsberichte für 1896, Part. 2, für 1897, Part. 1.

Dresden, K. Mineralog.-Geologisches und Praehistorisches Museum, Mitteilungen, Heft 12.

Dürkheim, Pollichia, Mitteilungen, No. 10, 11 und Beilage.

Emden, Naturforschende Gesellschaft, Jahresbericht, LXXXI.

Erlangen, Physikalisch-Medizinische Societät, Sitzungsberichte, Heft 28.

Frankfurt a. M., Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XX, No. 1, XXIII, No. 1—4, und Berichte für 1897.

Frankfurt a. d. O., Naturwissenschaftlicher Verein des Reg.-Bezirks Frankfurt a. d. O., Helios, Bd. XIV und Societatum Lit., 1896, No. 7—12, 1897, No. 1—6.

Giessen, Oberhess. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Bericht XXXI.

Görlitz, Oberlausitzische Gesellschaft der Wissenschaften, Magazin Bd. LXXII, No. 2, Bd. LXXIII, No. 1 mit Suppl.

Göttingen, K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nachrichten für 1896, No. 4, 1897, No. 1 und 2.

Greifswald, Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen, Mitteilungen, Jahrg. XXVIII.

Halle a. d. S., K. Leopold-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, 1896, No. 12, 1897, No. 1—9.

Hamburg, Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XV.

Hamburg, Naturwissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, 3. Folge, Bd. IV.

Heidelberg, Naturhistorisch-Medizinischer Verein, Verhandlungen, N. F., Bd. V, No. 5.

Kiel, Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein, Schriften, Bd. XI, No. 1.

Königsberg, Physikalisch-ökonomische Gesellschaft, Schriften, Jahrg. XXXVII.

Leipzig, K. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Berichte für 1896, No. 4—6, 1897, No. 1—3, und Abhandlungen, Bd. XXIII, No. 6.

Leipzig, Verein für Erdkunde, Mitteilungen für 1896 und Veröffentlichungen, Bd. III, No. 2.

Leipzig, Verein für Sachsen und Thüringen, Zeitschrift, Bd. LXIX, No. 5, Bd. LXX, No. 1 und 2.

Lübeck, Geographische Gesellschaft, Mitteilungen, 2. Reihe, Heft 10 und 11.

München, K. Bayerische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte für 1896, No. 3 und 4, 1897, No. 1 und 2.
München, Gesellschaft für Morphologie und Physiologie, Sitzungsberichte, Bd. XI, No. 23, XII, No. 1—3.
München, Bayrische Botanische Gesellschaft, Berichte, Bd. V.
Münster, Westfälischer Provinzial-Verein, Jahresbericht XXIV.
Osnabrück, Naturwissenschaftlicher Verein, Jahresbericht XI.
Strassburg, Société des Sciences, Agriculture et Arts de la Basse Alsace, Bulletin 1896, No. 9 und 10, 1897, No. 1—6.
Stuttgart, Verein für Vaterländische Naturkunde in Würtemberg, Jahreshefte, Jahrg. LIII.
Thorn, Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst, Jahresbericht XLIII.
Wernigerode, Naturwissenschaftlicher Verein des Harzes, Schriften, Jahrg. XI.
Wiesbaden, Nassauischer Verein für Naturkunde, Jahrbücher, Jahrg. L.
Würzburg, Physikalisch-Medizinische Gesellschaft, Sitzungsberichte für 1896.

c) Oesterreich.

Brünn, Mährisch-Schlesische Gesellschaft zur Beförderung der Landwirthschaft etc., Centralblatt für 1896.
Budapest, K. Ungarische Geologische Anstalt, Jahresbericht für 1894.
Budapest, K. Ungarische Geologische Anstalt, Mitteilungen, Bd. XI, Heft 1—5.
Budapest, K. Ungarische Geologische Anstalt, Földtani Közlöny, Vol. XXVI, No. 11, 12. XXVII, No. 1—7.
Graz, Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark, Mitteilungen für 1896.
Innsbruck, Naturwissenschaftlich-Medizinischer Verein, Berichte, XXII.
Klausenburg, Siebenbürgischer Musealverein, Sitzungsberichte, Bd. XVIII, No. 1—3, XIX, No. 1.
Krakau, Akademie der Wissenschaften, Anzeiger für 1896, No. 11 und 12, 1897, No. 1—7.
Linz, Verein für Naturkunde in Oesterreich ob der Enns, Jahresberichte XIX und XX.
Prag, K. Franz Joseph Akademie der Wissenschaften, Bulletin III, No. 1, 2.
Prag, K. Franz Joseph Akademie der Wissenschaften, Rozpravi, Jahrg. V, Classe II, No. 2—44.
Prag, Polytechnischer Verein in Böhmen. Technische Blätter, Bd. XXVIII, Heft 1—4, XXIX. Heft 1 und 2.
Prag, K. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften, Jahresbericht für 1896.
Prag, K. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften, Sitzungsberichte für 1896, No. 1 und 2.
Reichenberg, Verein der Naturfreunde, Mitteilungen, Jahrg. XXVIII.
Wien, K. K. Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte, Tafeln zu Bd. 104 I, No. 9. Bd. 105 I, No. 1—10. Bd. 105 IIa, No. 1—10. Bd. 105 IIb, No. 1—10. Bd. 105 III, No. 1—10.
Wien, Verein zur Verbreitung Naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Schriften, Bd. XXXVII.

Wien, K. K. Zoologisch-Botanische Gesellschaft, Verhandlungen, Bd. XLVII, Heft 10.
Wien, K. K. Geologische Reichsanstalt, Verhandlungen für 1896, No. 13—18, 1897, No. 1—10.
Wien, K. K. Geologische Reichsanstalt, Jahrbuch für 1896, Heft 1—4.
Wien, K. K. Oesterreichischer Touristen-Club, Mitteilungen, Jahrg. VIII.
Wien, K. K. Naturhistorisches Hofmuseum, Annalen, Bd. XII, No. 1.

d) Holland.

Amsterdam, Académie Royale des Sciences, Verhandelingen, I. Section, Deel V, No. 3—8. II. Section, Deel II und Deel V, No. 4—10.
Haag, Niederländische Regierung, Triangulation von Java, Abteilung V.
Harlem, Société Hollandaise des Sciences, Archives, Tome XXX, Heft 4, 5 et Sér. 2. I, 1.
Harlem, Société Hollandaise des Sciences, Oeuvres de Chr. Huygens, Vol. VII.
Harlem, Musée Teyler, Archives, Série 2, V, Part. 3.
Leyden, Nederlandsch Botanische Vereeniging, Archief, Série 3, Tome I, No. 2.

e) Dänemark, Schweden, Norwegen.

Bergen, Musée de Bergen, Sars. Crustacea of Norway, Vol. II, Part. 2—4.
Bergen, Musée de Bergen, Aarbog, 1896.
Christiania, Den Norske Nordhavs-Expedition, Zoologie, No. 23 und 24.
Kopenhagen, K. Danske Videnskabemes Selskabs, Oversigt, 1897, No. 2, 3
Lund, K. Universitätsbibliothek, Arskrift, Tome XXXII.
und Forhandlingar, 1896, No. 6, 1897, No. 1.
Stavanger, Stavanger Museum, Aarsberetning, 1896.
Stockholm, Académie Royale des Sciences, Observations, Vol. XXXIV, 1892.
Stockholm, K. Schwedische Akademie der Wissenschaften, Bihang, Bd. XXII, Heft 1—4.
Stockholm, K. Vetenskaps Akademiens, Handlingar, Bd. XXVIII und Catalog.
Stockholm, K. Vetenskaps Akademiens, Oefersigt, Bd. LIII.
Stockholm, Société Entomologique, Tidskrift, Arg. XVII, No. 1—4.
Tromso, Tromso Museum, Aarsberetning, 1894.
Tromso, Tromso Museum, Aarshefter, XVIII (1895).
Trondhyem, K. Norske Videnskabers Selskabs, Skrifter 1894, 1895 und 1896.
Upsala, K. Gesellschaft der Wissenschaften, Acta, Serie 3, Vol. XVII, No. 1.
Upsala, Universitätsbibliothek, Festschrift (Zoologiska Studier).
Upsala, Universitätsbibliothek, Arskrift, 1896.
Upsala, Universitätsbibliothek, Bulletin, Vol. III, Part. 1.

f) Frankreich.

Dijon, Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres, Mémoires, Série 4, Tome V.
Marseille, Faculté des Sciences de Marseille, Annales, Tome VI, No. 4—6, VIII, No. 1—3.

Montpellier, Académie des Sciences et Lettres, Mémoires, Série 2, Tome II, No. 2—4.
Nantes, Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France, Bulletin, Tome VI, No. 3 et 4.
Paris, Société de Biologie, Comptes-Rendus, 1896, No. 34, 35, 1897, No. 1—34.
Paris, Société des Jeunes Naturalistes, Feuilles No. 315—325 et Catalogue.
Paris, Société Mathématique de France, Bulletin, Vol XXIV, No. 8, XXV, No. 1—7.
Paris, Société Botanique de France, Bulletin, Tome XLIII, No. 8, 9, XLIV, No. 1—6.
Paris, Musée d'Histoire Naturelle, Archive nouv., Série 3, Tome VII, Part. 2, VIII, Part. 1 und 2.
Paris, Société Géologique de France, Bulletin, Série 3, Tome XXIII, No. 10, XXIV, No. 4—19 et Comptes-Rendus de 1896.
Paris, Comité International des Poids et Mesures, Comptes-Rendus de 1895 et Procès-Verbaux de 1895.
Paris, l'Année Biologique, Vol. I.
Rochelle, Société des Sciences Naturelles, Annales de 1896.

g) Belgien.

Anvers, Société Royale de Géographie, Bulletin, Tome XXI, No. 1 et 2.
Bruxelles, Société Belge de Microscopie, Bulletin, 1896/97, No. 1—10.
Bruxelles, Société Belge de Microscopie, Annales, Tome XXI.
Bruxelles, Société Belge de Géologie, Bulletin, Tome IX, X, Part 1.
Bruxelles, Société Entomologique de Belgique, Annales, Tome XL.
Bruxelles, Société Royale de Botanique, Bulletin, Tome XXXV.
Gent, Kruidkundig Genootschap „Dodonaea", Jaarbock VIII.
Liège, Société Royale des Sciences, Mémoires, Série 2, Tome XIX.

h) England.

Cambridge, Philosophical Society, Proceedings, Vol. IX, Part 4 and 5.
Dublin, Royal Irish Academy, Proceedings Serie 3, Vol. IV, No. 1—3.
Edinburgh, Royal Physical Society, Proceedings 1895/96 and Reports, Vol. VI.
Edinburgh, Royal Scottish Geographical Society, Magazine, Vol. XIII, No. 1—12.
Glasgow, Natural History Society, Transactions, N. S., Vol. IV, Part 3.
London, Royal Society, Proceedings, No. 364—380.
London, Royal Institution of Great-Britain, Proceedings, Vol. XV, Part 1.
London, Royal Geographical Society, Journal, 1897, No. 1—11.
London, Linnean Society (Zoology), Journal, Vol. XXV, No. 163—165, XXVI, No. 166—167.
London, Linnean Society (Botany), Journal, Vol. XXXI, No. 218 and 219, XXXII, No. 220—227, XXXIII, No. 228.
London, London Mathematical Society, Proceedings, No. 565—608.
London, Royal Microscopical Society, Journal, 1896, Part. 6, 1897, Part 1—5.

London, Zoological Society, Proceedings, 1896, Part. 4, 1897, Part 1—3.
London, Zoological Society, Transactions, Vol. XIV, Part. 3 and 4.
Manchester, Manchester Literary and Philosophical Society, Memoirs, Vol. XLI, Part 2 and 3.

i) Italien.

Catania, Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Atti, Serie 4, Tome IX.
Catania, Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Bullettino, fasc. 44–49.
Milano, Società Italiana di Scienze Naturali, Atti, Vol. XXXVI, No. 3 e 4, XXXVII, No. 1.
Milano, Società Italiana di Scienze Naturali, Memorie, Tome VI, No. 1.
Modena, Società dei Naturalisti, Atti, Serie 3, Vol. XIV, fasc. 2.
Napoli, Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche, Rendiconti Serie 3, Vol. II, No. 11, 12, III, No. 1—7.
Padua, Società Veneto-Trentina di Scienze Naturali, Atti, Série 2, Tome III, No. 1.
Padua, R. Scuola Sup. Agricoltura di Portici, Rivista, Vol. I–IV, V, No. 1–8.
Palermo, R. Istituto Botanico di Palermo, Contribuzioni, Vol. II, fasc. 1.
Pisa, Società Toscana di Scienze Naturali, Atti, Vol. X, pag. 169—242.
Pisa, Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Vol. XV.
Roma, Reale Accademia dei Lincei, Atti, 1896 II, No. 11, 1897 I, No. 1—12, II, No. 1—8.
Roma, Istituto Cartografico Italiano, Carta delle Piante di Roma.
Roma, Istituto Cartografico Italiano, Carta delle Strade Ferrate Italiane.
Roma, R. Società Geologica Italiana, Bulletino, Anno 1896, No. 4.
Roma, Società Romana per gli Studi Zoologici, Bullettino, Vol. V, No. 3—6, Vol. VI, No. 1—4.
Roma, Società Romana di Antropologia, Atti, Vol. IV, fasc. II, III.
Torino, Realė Accademia delle Scienze di Torino, Memorie, Serie 2, Tome 36—46.
Torino, Reale Accademia delle Scienze di Torino, Atti, Vol. XVII—XXXII.
Torino, Reale Accademia delle Scienze di Torino, Observazioni Meteorologico, 1896.
Torino, Observatorio della Regia Università di Torino, Bulletino, 1882/95.
Torino, Observatorio della Regia Università Plana, Théorie de Mouvement de la lune, Tome I—III.
Torino, Observatorio della Regia Università Plana, Govi G. L'Ottica di Claudio Tolomeo.

k) Spanien, Portugal.

Coimbra, Universidade Coimbra, Jornal, Vol. XIII, No. 1, 2.
Lisboa, Sociedade de Geographia, Boletin, Serie 15, No. 5—12, Serie 16, No. 1—3.
Porto, Sciencias Naturaes, Annaes, Vol. IV, No. 1, 2.

l) Russland.

Dorpat, Naturforscher-Gesellschaft der Universität, Sitzungsberichte, Bd. XI, Heft 2.
Dorpat, Naturforscher-Gesellschaft der Universität, Archiv, Serie 2, Bd. XI, Heft 2.
Helsingfors, Finska Vetenskaps Societeten, Oefversigt, Vol. XXXVIII.
Helsingfors, Societatis Scientiarum, Acta, Tome XXI.
Moscou, Société Impériale des Naturalistes, Bulletin pour 1896, No. 3 et 4, 1897, No. 1.
Riga, Naturforscher-Verein, Korrespondenzblatt, No. 39.
Riga, Technischer Verein, Industrie-Zeitung, 1896, No. 23 und 24, 1897, No. 1—20.
St. Petersburg, Académie Impériale des Sciences, Mémoires, Série 8, Vol. III, No. 3, 4, 7, 9. Vol. IV, No. 2. Vol. V, No. 1.
St. Petersburg, Académie Impériale des Sciences, Bulletin, Série 5, Tome III, No. 2—5, Tome IV, No. 1—5, Tome V, No. 1 et 2, Tome VI, No. 1—3.
St. Petersburg, K. Physik. Central-Observatorium, Annales de 1895, No. 1 und 2.
St. Petersburg, K. Physik. Central-Observatorium, Publications, Série 2, Vol. II.
St. Petersburg, Comité Géologique, Mémoires, Vol. XIV, No. 2, 4, 5.
St. Petersburg, Comité Géologique, Bulletin, Vol. XV, No. 5—9 et Suppl., XVI, No. 1, 2.
St. Petersburg, K. Russische Mineralogische Gesellschaft, Verhandlungen, Serie 2, Bd. XXXII und XXXIV, Lieferung 1 und 2.

m) Nord-, Süd- und Central-Amerika.

Austin, Texas Academy of Sciences, Transactions, Vol. I, No. 5.
Boston, Society of Natural History, Proceedings, Vol. XXVII, pag. 75—330, XXVIII, pag. 1—115.
Boston, American Academy of Arts and Sciences, Proceedings, Vol. XXXI, XXXII, No. 1—15.
Buenos-Aires, Museo Nacional, Memoria pr C. Berg, 3 No. & Anales, Tomo V.
Buenos-Aires, Academy Nacional de Ciencias de Cordoba, Boletin, Tomo XV, No. 1—3.
Cambridge, Museum of Comparative Zoology, Report 1895/96,
Cambridge, Museum of Comparative Zoology, Bulletin, Tome XXVIII No. 2 and 3, XXX No. 2—6, XXXI No 1 and 2.
Chapel Hill, Elisha Mitchell Scientific Society, Journal, 1896, Part 1 and 2.
Chicago, Academy of Sciences, Report, 1896.
Chicago, Columbian Museum, Publications 8 Vol. I No. 1, (Studies Archeological.)
Cincinnati, Society of Natural History, Journal, Vol. II, No. 1, 2, 4, III, No. 1—4, IV, No. 5—8, 12—14, XVIII, No. 1—4, XIX, No. 1 and 2.
Davenport, Davenport Academy, Proceedings, Vol. VI.
Des Moines, Geological Survey of Iowa, Report 1895.

Des Moines, Iowa Academy of Sciences, Proceedings for 1895.
Halifax, Nova Scotian Institute of Science, Proceedings, Vol. IX, Part 2.
Lawrence, Kansas University, Journal, Vol. V, No. 2, VI, No. 1 and 2.
Lincoln, University of Nebraska, Bulletin, No. 47—49.
Lincoln, University of Nebraska, Studies, Vol. II, No. 1 and 2.
Madison, University of Wisconsin, Bulletin, Vol. I, No 1—4.
Madison, Washburn Observatory, Publications, Vol. X. Part 1.
Mexico, Sociedad Cientifica „Antonio Alzate", Memorias, Tome X, No. 1—4.
Mexico, Observatorio Astronomico Nacional, Anuario, Vol. XVII.
Mexico, Observatorio Meteorologico, Bulletin, 1896 (Sept. Oct. Dec.), 1897, (Jan. Febr.).
Mexico, Ministerio de Fomento de la Rep. Mexicana, Boletin, Vol. V, No. 3—9, VI, No. 1—3.
Mineapolis, Minnesota Academy of Natural Sciences, Bulletin, Vol. IV, No. 1, Part 1.
Minnesota, Geological und Natural Hist. Society, Report, Vol. II,
Minnesota, Geological und Natural Hist. Society, Bulletin, No. 9.
Montevideo, Museo Nacional de Montevideo, Publicados, Vol. VII.
New York, University of the State of New York, Report, Vol. 48. Part 1—3.
New York, New York Academy of Sciences, Transactions, Vol. XV.
New York, New York Academy of Sciences, Annals, Vol. IX, No. 4. 5.
Ottawa, Commission géologique de Canada, Rapport, Vol. VII.
Parà, Museu Paraense (Brazil), Boletin, Vol. II, No. 1.
Philadelphia, Academy of Sciences, Proceedings 1896, Part 23, 1897, Part 1.
Philadelphia, Zoological Society, Report, Vol. XXV.
Saint Louis, Academy of Sciences, Transactions, Vol. III, No. 4—16.
Salem, American Association for the Advancement of Sciences, Proceedings, Vol. XLV.
San Francisco, California Academy of Sciences, Proceedings, Series 2, Vol. VI.
San Francisco, California Academy of Sciences, Proceedings, (Zoology) Series 3, Vol. I, No. 1—3.
San Francisco, California Academy of Sciences, Proceedings, (Geology) Series 3, Vol. I, No. 1.
San Francisco, California Academy of Sciences, Proceedings, (Botany) Series 3, Vol. I, No. 1.
Santiago, Société scientifique du Chili, Actes, Tome V, No. 5, VI, No. 2—5. VII, No. 1.
Toronto, Canadian Institute, Proceedings, N. S., Vol. I, No. 1.
Valparaiso, Deutscher wissenschaftlicher Verein in Chile, Verhandlungen, Bd. III, Heft 3 und 4.
Washington, Smithsonian Institution, Report 1894 and 1895.
Washington, Philosophical Society, Bulletin, Vol. XII.
Washington, Departement of Agriculture, Yearbook for 1896,
Washington, Departement of Agriculture, N. A. Fauna, No. 13.
Washington, U. S. Geological Survey, Report, Vol. XVII.

Washington, Colorado College, Studies, Vol. VI.
Washington, Smithsonian Institution, Collections No. 1034—1039, 1071—1073, 1075, 1077.
Washington, Smithsonian Institution, U. S. National Museum, Bulletin No. 47.
Washington, Smithsonian Institution, U. S. National Museum, Report, for 1894.
Washington, Bureau of Ethnology, Report, Vol. XIV, Part 1 and 2, XV.

n) Uebrige Länder.

Batavia, Magnetical and Meteorolog. Observatory, Observations, Vol. XVIII.
Batavia, Magnetical and Meteorolog. Observatory, Regenwaarnemingen für 1895 und Atlas.
Batavia, K. Naturkundige Vereeniging in Nederl. Indies, Tijdschrift, Deel LVI.
Brisbane, Royal Society of Queensland, Proceedings Vol. XII.
Calcutta, Asiatic Society of Bengal, Journal N. S., Vol. LXV, Part 2, No. 3 and 4, Part 3, No. 1, LXVI, Part 2, No. 1.
Calcutta, Asiatic Society of Bengal, Journal N. S., Proceedings for 1896, No. 6—10, for 1897, No. 1—4.
Calcutta, Geological Survey of India, Records, Vol. XXIX, Part 4, XXX, No. 1—3.
Cape Town, South African Philosophical Society, Transactions, Vol. VII, Part 2, X, Part 1.
Indianapolis, India Academy of Sciences, Proceedings, 1894/95.
Melbourne, Royal Society of Victoria, Proceedings, N. S., Vol. VIII and IX.
Sydney, Australian Museum, Journal, Vol. XXX.
Sydney, Australian Museum, Memoir, Vol. III, Part 2—4.
Sydney, Australian Museum, Records, Vol. III, No. 1, 2.
Tokyo, College of Science, Journal, Vol. IX, Part 2, X, Part 2.
Tokyo, Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens, Mitteilungen, Heft 58—60 und Suppl. zu Bd. VI.

C. Anschaffungen.

Akademien und Allgemeines.

American Naturalist, No. 360—370.
Science, No. 93—139.
Biologisches Centralblatt für 1896 No. 24, für 1897 No. 1—23.
Archiv für Anthropologie. Bd. XXIV, Heft 3 und 4.
Zeitschrift für wissenschaftliche Microscopie. Register zu Bd. I—X und Bd. XIII, No. 3 und 4, XIV, No. 1 und 2.
American Journal of Science (Silliman) 1896 (Dez.), 1897 (Jan.—Nov.).
Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. LXV, No. 9—12, LXVI, No. bis 12, LXVII, No. 1—12, LXVIII, 1—12.

Mémoires de l'Académie Imp. de St. Petersburg, Vol. IV, No. 2 et 3.
Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften, Bd. XXXV.
Archivio per Antropologia e la Etnologia, Vol. XXVI, Part 2, XXVII, Part 1 und 2.
Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. XLVIII, No. 4, XLIX, No. 1—4, L, No. 1—3.
Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte in Frankfurt a./M., 1896, Part 1 und 2.
Philosophical Magazine, No. 260—269.
Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre der Menschen und der Tiere, Bd. XVI, Heft 3.
Philosophical Transactions, Vol. CXXCVII A, CXXCVIII B, CXXCIX A.
Journal quarterly of microscop. Science, Vol. XL, Part 1 and 2.

Astronomie, Meteorologie.

Astronomische Nachrichten, No. 3390—3459.
Astronomisches Jahrbuch für 1899.
Connaissance des temps pour 1899.
Meteorologische Zeitschrift, 1896, Heft 12, 1897, Heft 1—11.

Botanik.

Engler und Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien, Liefg. 142—168.
Rabenhorst: Kryptogamenflora, Bd. IV, Abtg. III, Liefg. 28—31.
Rabenhorst: Kryptogamenflora, Bd. V, Liefg. 12.
Pringsheims Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXX und Bd. XXXI, Heft 1 und 2.
Deutsche botanische Monatsschrift, Jahrgang XIV, No. 10—12, XV, No. 1—12.
Journal de Botanique, Année X, No. 23 et 24, Année XI, No. 1—19.
Bibliotheca Botanica, Heft 40—42.
Schmidt: Diatomaceenkunde, Heft 52 und 53.
Annals of Botany, Vol. XI, No. 41—43.
Hedwigia, Bd. XXXVI, No. 1—5.
Annales des sciences nat. Botanique, Série 8, Tome III, No. 1—6, IV, No. 1—6.
Annales du jardin botanique de Buitenzorg, Vol. XIV. Part. 2.

Geographie, Ethnographie.

Internationales Archiv für Ethnographie, Band IX. No. 5 und 6, X, No. 1—5.
Mitteilungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien, Bd. XXXIX, XL, No. 1—8.
Geographisches Jahrbuch, Bd. XIX, XX, Part 1.
Forschungen der deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. X, No. 2—4.
Jahrbuch des schweiz. Alpenklubs, Bd. XXXII und Beilage.

Geologie, Petrographie, Mineralogie und Palaeontologie.

Annales des Mines, Série 9, T. X, No. 11 und 12, XI, No. 1—9.
Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Bd. XVI, No. 5 und 6, XVII, No. 1—5.
Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie für 1897, Bd. I, No. 1—3, II, No. 1 und 2 und Beilageband XI, No. 1 und 2.
Beiträge zur Palaeontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, Bd. X, Heft 4, XI, Heft 1 und 2.
Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, Bd. XXVII, Heft 5 und 6, XXVIII, Heft 1—6, XXIX, Heft 1 und 2.
Geological Magazine, No. 391—400.
Journal quarterly of the geological Society, No. 209 and 210.
Abhandlungen der schweiz. palaeontologischen Gesellschaft, Bd. XXIII.
Lacroix: Mineralogie de la France, Tome II, Part 1.
Gümbel: Geognostische Beschreibung Bayerns, Blatt XVIII mit Text.
Palaeontologische Abhandlungen, Bd. VII, Heft 3.
Geognostische Jahreshefte, Jahrg. IX, Part 1.

Mathematik.

Messenger of Mathematics, Vol. XXVI, No. 5—12, XXVII, No. 1—3.
Archiv für Mathematik und Physik, II. Reihe, Teil 15, Heft 2—4.
Journal quarterly of Mathematics, No. 112—114.
Journal für reine und angewandte Mathematik, Bd. CXVII, No. 3 und 4, CXVIII, No. 1—4.
Journal de Mathématique, Série 5, Tome II, No. 4, III, No. 1 et 2.
Giornali di Matematiche, Vol. XXXIV (Nov.—Dic.), XXXV (Gen.—Ottobre).
Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, Bd. XXV, Heft 3, XXVI, Heft 1 und 2.
Rivista di Matematica, Vol. II, No. 1.

Physik, Chemie.

Annalen der Chemie von Liebig, Bd. CCXCIV—CCXCVII und CCXCVIII, No. 1—3.
Annalen der Physik und Chemie für 1897, No. 1—11 und Register zu Bd. I—L. (1877/93).
Beiblätter zu denselben für 1896, No. 11 und 12, für 1897, No. 1—10.
Gazzetta chimica Italiana pr. 1896, Part II, No. 6, 1897, Part I, No. 1—6, Part II, No. 1—4.
Gerland: Beiträge zur Geophysik, Bd. III. No. 1 und 2.
Annales de Chimie et de Physique pour 1897, No. 1—11.
Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. XXI, No. 3 und 4, XXII, XXIII, XXIV, No. 1—3.
Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie für 1890, Heft 7, für 1891, Heft 3.
Journal für praktische Chemie für 1896 No. 22—24, 1897 No. 1—20.
Journal de Physique, Série 3, Tome VI, No. 1—10.
American Chemical Journal, Vol. XVIII, No. 6, 8, 10, XIX, No. 1 and 2.

Zoologie.

Archiv für Naturgeschichte, Bd. LIX, II. 3, LXI, II. 2, LXII. I. 2 und 3, LXIII I. 1.
Transactions of the London Entomological Society for 1896, No. 4 and 5, for 1897, No. 1—3.
Archives de Zoologie expérimentale et générale, Série 3, Tome IV, No. 4.
La Cellule, Tome XII, No. 1 et 2, Tome XIII No. 1.
Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Liefg. XXIV.
Mitteilungen der zoologischen Station in Neapel, Bd. XII Heft 4.
Jahresbericht derselben für 1896.
Weber: Zoologische Ergebnisse einer Reise in Niederländisch Ost-Indien, Bd. IV, Heft 1.
Annales des Sciences naturelles, Zoologie, Série 8, Tome III, No. 1—6 IV, No. 1—3.

111

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben

von

Dr. F. RUDIO,

Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

Zweiundvierzigster Jahrgang. 1897. Drittes und viertes Heft.

Mit zwei Tafeln.

Ausgegeben am 20. Januar 1898.

Zürich,

in Kommission bei Fäsi & Beer.

1898.

Die „Vierteljahrsschrift" der naturforschenden Gesellschaft in Zürich — in Kommission bei Fäsi & Beer — kann durch jede Buchhandlung bezogen werden. Bisher erschienen Jahrgang 1—41 (1856—1896) als Fortsetzung der in 4 Bänden (1847—1855) veröffentlichten „Mitteilungen" der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vom 42. Jahrgange an beträgt der Preis der Vierteljahrsschrift 8 Fr. jährlich. Ältere Jahrgänge sind, soweit noch vorhanden, zu reduzierten Preisen (circa 4 Fr.) erhältlich. Der 41. Jahrgang — Festschrift der naturforschenden Gesellschaft zur Feier ihres 150jährigen Bestehens — kostet 20 Fr. Er besteht aus der Geschichte der Gesellschaft (274 Seiten und 6 Tafeln), aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen (598 Seiten und 14 Tafeln) und einem Supplement (66 Seiten).

Die seit 1799 in ununterbrochener Folge von der Gesellschaft herausgegebenen „Neujahrsblätter" sind ebenfalls durch die Buchhandlung Fäsi & Beer zu beziehen.

Seit 1865 sind erschienen:

G. Asper: Wenig bekannte Gesellschaften kleiner Tiere. 1881. R. Billwiller: Kepler als Reformator der Astronomie. 1878. Die meteorologische Station auf dem Säntis. 1888. C. Cramer: Bau und Wachstum des Getreidehalmes. 1889. A. Escher v. d. Linth und A. Bürkli: Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung. 1871. A. Forel: Die Nester der Ameisen. 1893. H. Fritz: Aus der kosmischen Physik. 1875. Die Sonne. 1885. E. Gräffe: Reisen im Innern der Insel Viti Levu. 1868. O. Heer: Die Pflanzen der Pfahlbauten. 1866. Flachs und Flachskultur. 1872. A. Heim: Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. 1874. Ueber Bergstürze. 1882. Geschichte des Zürichsees. 1891. Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895 (unter Mitwirkung von L. Du Pasquier und F. A. Forel). 1896. J. Jäggi: Die Wassernuss und der Tribulus der Alten. 1884. Die Blutbuche zu Buch am Irchel. 1894. C. Keller: Über Farbenschutz in der Tierwelt. 1879. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde (mit Bericht über den Fund in Niederweningen). 1892. A. Menzel: Zur Geschichte der Biene und ihrer Zucht. 1865. Die Biene. 1869. C. Moesch: Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg. 1867. Wohin und warum ziehen unsere Vögel. 1877. Der japanische Riesensalamander und der fossile Salamander von Oeningen. 1887. J. Pernet: Hermann v. Helmholtz. 1895. E. Schär: Das Zuckerrohr. 1890. G. Schoch: Ein Tropfen Wasser. 1870. Die Technik der künstlichen Fischzucht. Tabelle zur leichten Bestimmung der Fische der Schweiz. Fischfauna des Kantons Zürich. 1880. C. Schröter: Die Flora der Eiszeit. 1883. Der Bambus. 1886. Die Schwebeflora unserer Seen (das Phytoplankton). 1897. A. Weilenmann: Über die Luftströmungen, insbesondere die Stürme Europas. 1876. R. Wolf: Joh. Feer, Beitrag zur Geschichte der Schweizerkarten. 1873.

Zur Beachtung.

Die Bibliothek ist täglich — mit Ausnahme von Sonn- und Festtagen — geöffnet von 9—12 Uhr und 1/2 2—5 Uhr (im Winter bis zum Eintritt der Dunkelheit).

Inhalt.

